

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Теплоенергетичний факультет
Кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

«На правах рукопису»
УДК 662.6

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____/проф. В.О.Туз/
“ ____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

спеціалізації Тепло – і парогенеруючі установки

на тему: Вплив сумісного спалювання вугілля та біомаси на показники роботи парового котла ЗКТ

Виконав: студент

VI

курсу, групи

ТК-6Ім

(прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник Філатов В.І., к.т.н.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

з економічних питань

(назва розділу)

к.п.н., доц. Пермінова С.О.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

з питань охорони праці

(назва розділу)

к.т.н., доц. Кашианов С.Ф.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на тему :

*“ Вплив сумісного спалювання вугілля та біомаси на показники
роботи парового котла ЗКТ ”*

ТК61м.196.0004.057.МД

Виконав
студент VI курсу
групи ТК-61м
Тишко. Ю.

Київ – 2018 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Теплоенергетичний факультет
Кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Реферативна доповідь

до магістерської дисертації

на тему:

***“Вплив сумісного спалювання вугілля та біомаси на показники
роботи парового котла ЗКТ”***

ТК61м.196.0004.057 МД

Виконав
студент VI курсу, групи ТК-61м
Тишко Ю.Ю. _____
Керівник
Філатов В.І. *к.т.н.* _____

Київ – 2018 року

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 155 сторінок, 82 таблиці, 22 рисунка, перелік використаних посилань з 26 найменувань, 2 додатки.

Актуальність використання біомаси в якості основного виду палива постійно зростає. Це пов'язано зі значним підвищенням вартості природного газу та дефіцитом окремих видів твердого палива, в першу чергу вугілля антрацитової групи. Подорожчання традиційних палив стимулює використання біомаси в якості палива не тільки в приватному секторі, та в комунальному теплопостачальному господарстві, як при генерації електроенергії на спеціально спроектованих міні-ТЕС, так і на потужних електростанціях.

Предмет дослідження – топка камери парового котла ЗКТ, а саме процес сумісного спалювання біомаси та вугілля та вплив даного спалювання на показники роботи парового котла.

Об'єкт дослідження – прямоточний котел в якому в якості палива використовується антрацит.

Метою даної роботи є визначення та дослідження:

- наявності біомаси прийнятної якості в тій кількості, що дозволить забезпечити постійну роботу потужного енергоблоку впродовж періоду тривалого часу;
- технічною можливістю модернізації діючої та/чи створення нової інфраструктури (паливного господарства), що забезпечить процес подачі біомаси на електростанції від приймальних пристроїв до безпосередньо пальників котла.
- обґрунтування економічної доцільності даного виду спалювання.

Для визначення граничних умов паропродуктивності котла були проведені теплові розрахунки на основі використання 100% кукурудзи та деревини. Розрахунок показав, що проектна паропродуктивність 950 т/год зменшується до 589 т/год і 347 т/год для кукурудзи і деревини відповідно.

В магістерській дисертації виконаний тепловий розрахунок котла ТПП-312 при спалюванні антрациту. Це є одним з елементів наукової новизни і особистого вкладу дисертанта у виконаній роботі.

Паровий котел ТПП-312 спроектований однокорпусним прямоточним агрегатом ЗКТ для енергоблоків 300 МВт.

Паровий котел має П-образну, однокорпусну компоновку. ЗВТ (зона великої теплоємності) знаходиться у топці. Топка прямокутного перерізу без пережиму і аеродинамічного виступу. Нижня частина екранів топки ошипована.

В топці для спалювання вугілля встановлено 16 вихрових пальників продуктивністю 8,5 т/год кожна. Вони розположені в два яруси на фронтівій і задніх стінках.

Низ топки і стіни топкової камери покриті панелями НРЧ, СРЧ1, СРЧ2 та ВРЧ. Над топкою розположені горизонтальні ШП I BT ТА ШП II BT.

В опускній шахті послідовного по ходу газів встановлені КПВТ, КП II НТ, КП I НТ та економайзер. Поза газоходом, між корпусами парового котла, розположений ППТО (паро-паровий теплообмінник).

Паровий котел обладнаний двома РПП (регенеративний повітря-підігрівач). Підігрів повітря роздільний: первинного – до 280 °С, вторинного – до 370 °С.

Шлаковидалення – рідке. Вихід рідкого шлаку відбувається через два летки, захищені змієвиками, охолоджуючі технічною водою.

В обох випадках при сумісному спалюванні кукурудзи чи деревини з вугіллям майже однаково підвищується втрата теплоти з відхідними газами q_2 . Це пов'язано з тим, що змінюється склад продуктів спалювання, а також зменшення ентальпії відхідних газів $I_{\text{відх.г.}}$ у частині газового тракту.

Встановлено, що нормативне значення втрат теплоти з механічним недопалом q_4 , для біомаси нижче, ніж для антрациту. У випадку сумісного спалювання q_4 має тенденцію до

зниження. Це підтверджується тим, що додавання частки високореакційного палива з одиничним зменшенням частки антрациту приведе до зниження втрат з механічним недопалом за рахунок інтенсифікації прогріву і горіння в зоні займанням.

У не значній мірі, проте втрата теплоти зі шлаком q_6 також зменшується, у зв'язку з тим що у складі палива біомаси значно низький відсоток зольності у порівнянні з антрацитом, тому при збільшенні частки суміші біомаси – відповідно втрати теплоти зі шлаком стають менші.

Внаслідок того, що q_2 та q_6 зменшуються, ККД котла – зростає.

При сумісному спалюванні антрациту з біомасою з 25%-м вмістом біомаси, паропродуктивність обмежується всього лиш на 10%, що є допустимим значенням, виходячи з того, що середнє навантаження енергоблоків ТЕС в даний час підтримується на рівні 80% від номінальної.

Результати розрахунків показують, що при додаванні долі біомаси, як відходів кукурудзи так і деревини, зростає не тільки економія у паливі, але й деякі технічні показники. Внаслідок цього ККД котла зростає від 0,05% до 0,28%, але втрати тепла з механічним недопалом та втрати тепла із-за видалення золи і шлаку у топці зменшуються, що призведе до зменшення процесів шлакування поверхонь то більшого терміну експлуатації.

Використання частки палива з великим виходом летючих дозволяє знизити вірогідність використання підсвітки топки природним газом при зниженні якості основного палива.

Ключові слова: біомаса, антрацит, відходи кукурудзи, відходи деревини, паровий котел, система пилоприготування, сумісне спалювання.

ABSTRACT

The master's dissertation contains 150 pages, 82 tables, 22 figures, list of references from 26 names, 2 applications.

The urgency of the use of biomass as the main type of fuel is constantly increasing. This is due to a significant increase in the cost of natural gas and the shortage of certain types of solid fuels, primarily coal anthracite group. The rise in the cost of traditional fuels stimulates the use of biomass as a fuel not only in the private sector, but also in the municipal heat supply industry, as in the generation of electricity at specially designed mini-TPPs, as well as in high-power power plants.

The subject of the study is the combustion chamber of a steam boiler OCP, namely the process of combustion of biomass and coal and the effect of this combustion on the performance of the steam boiler.

The object of research is a direct-current boiler in which anthracite is used as fuel.

The purpose of this work is to identify and study:

- the availability of biomass of an acceptable quality in such quantity that it will ensure the constant operation of a powerful power unit during a long period of time;
- the technical possibility of modernizing existing and / or creating a new infrastructure (fuel economy), which will ensure the process of supplying biomass to the power plant from the receiving equipment to the direct burner of the boiler.
- substantiation of economic expediency of this type of burning.

Thermal calculations were carried out on the basis of the use of 100% corn and wood for determining the boundary conditions of the steam output of the boiler. The calculation showed that the design steam output of 950 t / year decreases to 589 t / year and 347 t / year for corn and wood, respectively.

In the master's dissertation the thermal calculation of the boiler TPP-312 at burning of anthracite is executed. This is one of the elements of scientific novelty and the contribution of the dissertation in the work performed.

The steam boiler TPP-312 is designed with a single-hull direct current unit of OCP for units of 300 MW.

The steam boiler has a P-shaped, single-hull arrangement. FVT (zone of high thermal capacity) is in the furnace. The rectangular section of the rectangular section without a jerk and aerodynamic projection. The bottom of the furnace screens is laced.

There are 16 vortex burners with an output of 8.5 t / h each in the fire burning furnace. They are placed in two tiers on the front and back walls.

The bottom of the furnace and the walls of the combustion chamber are covered with panels LFCH, SRCH1, SRCH2 and VHF. Above the firebox there are horizontal SP and VT and SP II VT.

In the downstream shaft of successive gases, KPVT, KP II NT, KP I NT and economizer were installed. Outside the gas pipe, between the boiler bodies, the steam boiler heat exchangers.

Steam boiler is equipped with two RPPs (regenerative air heater). The heating of the air is separate: primary - up to 280 °C, secondary - to 370 °C.

Slurry is liquid. The output of liquid slag occurs through two beds, protected by snakes, cooling with technical water.

In both cases, with the co-incineration of corn or wood with coal, the heat loss with the waste gases q_2 increases almost equally. This is due to the fact that the composition of the products of combustion is changing, as well as the reduction of the enthalpy of the waste gases of the Ivyh.G, in the part of the gas tract.

It was established that the normative value of heat losses with mechanical cigarette butter q_4 for biomass is lower than for anthracite. In the case of co-firing, q_4 tends to decrease. This is confirmed by the fact that adding a share of highly reactive fuel with a single decrease in the percentage of anthracite will reduce the loss of mechanical cigarette due to the intensification of warming and combustion in the ignition zone.

Not to a large extent, but the loss of heat with slag q_6 also decreases, due to the fact that the biomass composition contains a significantly lower percentage of ash compared to anthracite; therefore, with the increase in the proportion of the biomass mixture - respectively, the loss of heat with slag becomes less.

Due to the fact that q_2 and q_6 decrease, boiler efficiency increases.

When combustion of anthracite with biomass with 25% biomass content, the steam output is limited to only 10%, which is a permissible value, based on the fact that the average load of TPP power units is currently maintained at the level of 80% of the nominal.

The results of the calculations show that adding to the share of biomass, both in corn and wood waste, not only fuel savings, but also some technical indicators increases. As a result, the efficiency of the boiler rises from 0.05% to 0.28%, but heat loss with mechanical cigarette and heat loss due to the removal of ash and slag in the furnace are reduced, which will reduce the processes of rolling the surfaces of a longer life.

The use of a fuel share with a large yield of volatile ones can reduce the likelihood of the use of a firelight by using natural gas while reducing the quality of the main fuel.

Key words: biomass, anthracite, corn waste, wood waste, steam boiler, saw blasting system, co-combustion.

Зміст

Вступ.....	10
1 Аналіз інформації щодо характеристик біомаси та вибір виду біомаси для спалювання.....	13
1.1 Райони концентрації ресурсів біомаси	13
1.2 Вибір виду палива для спалювання.....	16
2 Проведення теплових розрахунків при сумісному спалюванні біомаси та вугілля	19
2.1 Обґрунтування вибору виду палива.....	19
2.2 Опис котла ТПП-312	21
2.3 Результати теплових розрахунків при сумісному спалюванні біомаси з вугіллям	24
3 Техніко-економічний розрахунок при сумісному спалюванні біомаси та вугілля	28
3.1 Техніко-економічний розрахунок при сумісному спалюванні кукурудзи та вугілля	28
3.2 Техніко-економічний розрахунок при сумісному спалюванні деревини та вугілля	29
4 Система пилоприготування для сумісного спалювання біомаси з вугіллям	30
4.1 Існуюча практика сумісного спалювання біомаси	31
4.2 Вибір схеми пилориготування	32
4.3 Вибір типу млина	37
4.4 Вибір дуттьового вентилятора.....	39
5 Розроблення стартап-проекту	41
5.1 Опис ідеї проекту	41
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	43
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	44
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	49
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	53
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	58
6.1 Технічні рішення по забезпеченню безпечної експлуатації спроектованого обладнання	60
6.1.1 Електробезпека.....	62

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	65
6.2.1 Мікроклімат	66
6.2.2 Склад повітря робочої зони.....	67
6.2.3 Виробниче природне освітлення	68
6.2.4 Виробниче штучне освітлення.....	68
6.2.5 Виробничий шум.....	70
6.2.6 Виробничі вібрації	71
6.2.7 Виробничі випромінювання.....	73
6.3.1 Дії персоналу при ліквідації аварії.....	74
6.3.2 Пожежна безпека.....	79
6.3.3 Автоматичні установки сигналізації та пожежогасіння	81
6.3.4 Протипожежний водопровід.....	81
6.3.4 Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення.....	82
Висновки	83
Перелік джерел посилань	86
Додаток А.....	101
Додаток Б.....	Ошибка! Закладка не определена. 26

ВСТУП

Наприкінці минулого століття відбувався швидкий перехід твердопаливних котлів на екологічно чисті газові. Однак, як виявилось, тотальна газифікація призвела до великої залежності цілих галузей народного господарства від ціни на імпортований газ.

Сьогодні актуальність використання твердопаливних біокотлів надзвичайно висока, незважаючи на їх вартість та більш складну експлуатацію у порівнянні з котлами які працюють на газі. Твердопаливні біокотли дозволяють використовувати місцевий вид відновлювального палива — тверду біомасу, яка безперечно є дешевшим та стійким видом відновлювального палива.

У світі серед відновлювальної енергії біомаса займає провідне місце по використанню. Близько 1200 млн. тон умовного палива щорічно замінює біомаса. Це 10% від світового споживання первинних енергоресурсів і є четвертим за значимістю видом палива. Суттєвих успіхів у розвитку біоенергетики досягнуто в Європейському Союзі. Найбільшу важливу роль біомаса відіграє у секторі виробництва теплової енергії. За прогнозом Єврокомісії у 2020 році ЄС з відновлювальних джерел вироблятиме близько 18% теплової енергії від загального обсягу виробництва. З них близько 75% - з біомаси, а решта – з геотермальної та сонячної енергії.

В Україні значна кількість твердої біомаси утворюється при виробництві та переробці продукції рослинництва: солома зернових, лушпиння, качани кукурудзи, відходи деревообробної промисловості та виробництва паперу. До твердого біопалива також можна віднести рослинний матеріал, який спеціально вирощується в енергетичних цілях, наприклад, плантації міскантусу або енергетичної верби. Український сектор біоенергетики розвивається вкрай повільно. Згідно з енергетичним балансом 2011 року частка енергії, виробленої з біомаси, становила 1,24% за прогнозами 2015 року – 1,5%.

Гостра тенденція дорожчання традиційних видів палива стимулює використання твердопаливних котлів на біомасі не тільки у приватному секторі, а і в комунальному теплопостачаючому господарстві. Вибір виду та форми твердої

біомаси залежить від її вартості та доступності в регіоні, а також від технічно доступних рішень та обладнання для її спалювання.

Через військові дії на Донбасі видобуток вугілля в Україні скоротився практично удвічі, що з урахуванням потреб теплової електрогенерації у вугіллі призвело до вугільної залежності України, яка загострюється перед початком та під час опалювального сезону. Ситуацію ускладнює той факт, що все виробництво вугілля антрацитової групи (на якому працює 45 % українських ТЕС) залишилося на непідконтрольних територіях Донбасу (так званих «ДНР» та «ЛНР»).

Зменшення виробництва вугілля на Донбасі, пошкодження та знищення шахтного фонду, захоплення терористами шахт, цілеспрямована руйнація ними залізничної інфраструктури призвели до розриву виробничих ланцюгів «вугілля-електроенергія», недостатності запасів вугілля на підприємствах теплової електрогенерації, що загрожує стабільності функціонування всієї об'єднаної енергетичної системи України, провокуючи виникнення значного дефіциту генеруючої потужності. Наразі половина теплових електростанцій в Україні відчувають гострий дефіцит вугілля, у той час, як на складах шахт, які знаходяться на окупованій території, лежить до 3–4 млн тонн вугілля, вивіз якого проблематичний [21]. Найбільше занепокоєння викликає дефіцит вугілля антрацитової групи, оскільки весь видобуток антрациту в Україні сконцентрований на непідконтрольній території Донецької та Луганської областей. За заявою Міністра енергетики та вугільної промисловості України В. Демчишина країні для нормального проходження опалювального сезону 2015-2016 рр. потрібно закупити 4 млн тонн антрациту [22]. 24 липня 2015 р. ДП НЕК «Укренерго» виступило із заявою для преси [23], в якому було констатовано, що в об'єднаній енергетичній системі України склалася напружена ситуація із забезпеченням балансу електричної енергії та потужності: «Фактична відсутність вугілля антрацитової групи на теплових електричних станціях, що працюють в основній частині ОЕС України, призводить до максимально можливого використання енергоблоків ТЕС, які в якості основного виду палива використовують газову групу вугілля. Через вказану ситуацію по зазначеним енергоблокам мінімізоване проведення планово-попереджувальних ремонтів, що в умовах наближення періоду проходження максимальних навантажень може призвести до підвищеної аварійності,

незапланованих ремонтів генеруючого устаткування, поглибленню незбалансованості роботи енергооб'єднання та, як наслідок, необхідності застосування заходів з примусового обмеження споживання».

Вугільна промисловість України здатна забезпечити лише 71% потреб у вугіллі, тому 2016 року Україна вимушена була імпортувати 17 мільйонів тон вугілля. Про це йшла мова на презентації першого видання інфографічного довідника «Енергетика України», розробленого компанією Top Lead разом із Американською торговельною палатою в Україні.

Відсутність інвестицій в розвідку, переробку та енергоефективність, а також складні бюрократичні процедури перешкоджають розвитку енергетичної галузі України. Не дивлячись на це, після 2020 року Україна планує відмовитись, зокрема, від імпорту природного газу.

У цій магістерській дисертації розглянуто технологія промислового вироблення теплової енергії при сумісному спалюванні кам'яного вугілля (антрациту) з твердого біопалива на прикладі сучасного теплогенеруючого обладнання та допоміжного устаткування.

В рамках дисертації проведений аналіз можливого використання основних видів біопалива, яку можна буде викоростовувати в якості біопалива для промислового виробництва теплової енергії, та виробників відповідного котельного устаткування. Дисертація включає: зібраний аналіз інформації щодо характеристик біомаси та вибору виду біомаси для спалювання; приведені результати теплових розрахунків при сумісному спалюванні біомаси (кукурудзи та деревини) та вугілля; техніко-економічний розрахунок при сумісному спалюванні біомаси та вугілля; опис системи пилоприготування для сумісного спалювання біомаси з вугіллям; розроблення стартап-проекту. Заключний розділ являється не менш головним, так як описує охорону праці та безпеку в надзвичайних ситуаціях пов'язаний з темою магістерської дисертації.

1 АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ХАРАКТЕРИСТИК БІОМАСИ ТА ВИБІР ВИДУ БІОМАСИ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ

1.1 Райони концентрації ресурсів біомаси

В цьому розділі визначаються райони зі значними наявними запасами відходів деревини та відходів сільськогосподарського виробництва. Розрахунки максимальних обсягів виробництва енергії з використанням зазначених видів палива виконані на основі типового проекту установки спалювання біомаси. Хоча існуюча інформація і свідчить про існування значного потенціалу виробництва біомаси з відходів обробки деревини і сільськогосподарських культур, наявна кількість цих матеріалів для потреб виробництва значною мірою залежатиме від витрат на їхній збір і транспортування, а також від наявності конкурентноспроможних варіантів використання біопалива. Україна розвиває свою галузь використання енергії біомаси задля задоволення цілого ряду потреб, включаючи опалення, експорт палива та виробництво енергії (включаючи схеми когенерації).

Більшість областей України здатні вмістити в себе територію радіусом до 100 км. З огляду на це, інформація щодо потенціалу використання ресурсів біомаси наведена в наступній таблиці (табл. 1.1) в розрізі областей. Оцінюючи наявність паливних ресурсів в процесі розробки проекту виробництва енергії з ресурсів біомаси в певному районі, дуже завбачливим кроком буде виходити з такого обсягу наявних ресурсів, який принаймні у 3-4 рази перевищує фактичну потребу, та зосереджений в радіусі 100 км [24]. Такий підхід послужить гарантією наявності достатнього запасу палива для роботи установки. Іншими словами, навіть якщо потенціал для енергетичного використання біомаси на перший погляд здається високим, про економічну доцільність і життєздатність проекту використання енергії біомаси можна говорити лише в тому випадку, якщо наявні запаси біомаси в районі його реалізації в 3-4 рази перевищують рівень розрахункової потреби [25].

Таблиця 1.1. – Максимальний потенціал використання ресурсів біомаси в рамках енергетичних проектів

Електрична система	Область	Біомаса деревини			Первинні відходи сільськогосподарського виробництва			Сумарний максимальний потенціал (МВт)*	Сумарний розрахунковий потенціал за сценарієм (МВт)**
		ПДж	Макс.* (МВт)	Сценарій (МВт)	ПДж	Макс.* (МВт)	Сценарій (МВт)		
Центральна	Черкаська	1.1	10	3	26.4	253	63	263	66
	Чернігівська	3.7	35	9	13.2	127	32	162	40 (ЗК)
	Київська	4.9	47	12	17.9	172	43	219	50
	Житомирська	6.5	62	16	5.9	56	14	119	30
Дніпро	Дніпропетровська	0.6	6	1	35.5	340	85	346	87
	Кіровоградська	0.8	8	2	33.4	321	80	328	82
	Запорізька	0.3	3	1	26.4	253	63	256	64
Донбас	Донецька	0.8	7	2	24.6	236	59	244	61 (ЗК)
	Луганська	1.1	10	3	15.2	146	37	156	39 (ЗК)
Північна	Харківська	1.8	17	4	28.4	273	68	290	72
	Полтавська	0.9	8	2	38.1	366	91	374	93
	Сумська	2.4	23	6	14.9	143	36	166	42

Продовження таблиці 1.1

Електри		Біомаса деревини	Первинні відходи сільськогосподарського виробництва	Сумарний	Сумарний розрахунок
---------	--	------------------	---	----------	---------------------

	Область	ПДж	Макс.* (МВт)	Сценарій (МВт)	ПДж	Макс.* (МВт)	Сценарій (МВт)		
Західна	Івано-Франківська	2.0	19	5	2.3	22	6	42	10 (ТЕЦ)
	Львівська	3.5	34	8	3.5	34	8	67	17 (ТЕЦ)
	Рівненська	2.9	28	7	3.2	31	8	59	15 (ТЕЦ)
	Волинська	1.9	18	5	1.8	17	4	35	9 (ТЕЦ)
	Закарпатська	5.1	49	12	2.1	20	5	68	17 (ТЕЦ)
Південна	Херсонська	0.9	9	2	17.3	166	41	175	44
	Миколаївська	0.3	3	1	22.3	214	53	216	54 (ЗК)
	Одеська	0.5	5	1	25.8	247	62	253	63
Південно-західна	Чернівецька	3.0	29	7	4.1	39	10	68	17 (ТЕЦ)
	Хмельницька	1.2	11	3	11.7	112	28	124	31
	Тернопільська	0.6	6	1	9.4	90	22	96	24
	Вінницька	2.1	20	5	26.7	256	64	276	69
	Всього	49.1	171	118	415.6	3.987	997	4.458	1.114

Виходячи з розрахунків потенціалу біомаси у вигляді деревних і сільськогосподарських відходів, виконаних для кожної з областей, які здатні вмістити територію приблизно 100 км, можна зробити висновок про те, що запаси відходів деревини в цих областях є обмеженим. Таким чином, основним видом паливного матеріалу мають стати сільськогосподарські відходи. В кожній з цих областей може бути реалізовано по одному проекту переходу на біомасу шляхом заміни котлів загальною потужністю не більше 50-75 МВт [25]. Заміна традиційних котлів на котли на біомасі може бути проведена не на всіх існуючих станція, розташованих в районах з достатніми запасами біомаси. Наприклад, на

майданчиках вугільних станцій мусить бути достатньо місця для розміщення і зберігання досить великих обсягів сільськогосподарських відходів, які пропонуються у якості основного чи додаткового паливного матеріалу.

1.2 Вибір виду палива для спалювання

Вибір технології спалювання біопалива, повинен ґрунтуватися на тому, який вид палива буде використовуватися.

Важливою паливно-технологічною характеристикою біомаси, що використовують як тверде паливо, є її теплотворна здатність, яка залежить від генетичних особливостей енергетичних рослин, впливу навколишнього середовища, умов зберігання, вологості тощо. У табл. 1.2 наведено середню теплотворну здатність енергетичної сировини [24].

Таблиця 1.2 – Вартість твердого палива в Європі

№ п/п	Назва біомаси	Вартість, Є/т	Вологість, %	Теплотворна здатність палива, МДж/кг
1	Солома зернових	35	8	15
2	Зрубка деревини	25-35	40	10
3	Брикети з деревини	80	10	17,5
4	Зерно, зерновідходи	70-100	12-15	14,5
5	Пресований міскант	41	23	14
6	Січка місканту	38	23	14
7	Зрубка верби	35	17	15

На основі результатів досліджень, наведених у табл. 1-3, визначено вартість 1ГДж енергії різних видів біомаси, яку графічно зображено на рис. 1-1. з графіка

видно, що найефективнішим у співвідношенні вартість/теплотворна здатність (Є/ГДж) є солома зернових, січка місканту та зрубка верби [24].

В Україні є первинний досвід з використання біомаси як палива. До нього належать розробки відповідних технологій виробництва біомаси, спеціальних котлів, установок і обладнання для транспортування і зберігання соломи у вигляді брикетів, гранул і тюків тощо.

Аналіз твердого біопалива з відновлювальних джерел енергії показав, що вартість енергії, одержаної від його використання порівняно з традиційними джерелами енергії є дешевшим.

Кількість теплової енергії, одержаної під час спалювання 1 тони соломи, еквівалентна кількості теплової енергії, отриманої від спалювання 366 м³ природного газу, або 316 кг дизельного палива. Для забезпечення ефективного спалювання соломи її вологість має бути 15%. Теплотворна здатність соломи злакових культур з вказаною вологістю становить 13,6-15,6 МДж/кг. В умовах підвищення ціни на газ переконливо виглядає середня ціна соломи в тюках – 150-200 грн. за 1 т. Це значно менше порівняно з ціною традиційних джерел енергії [25].

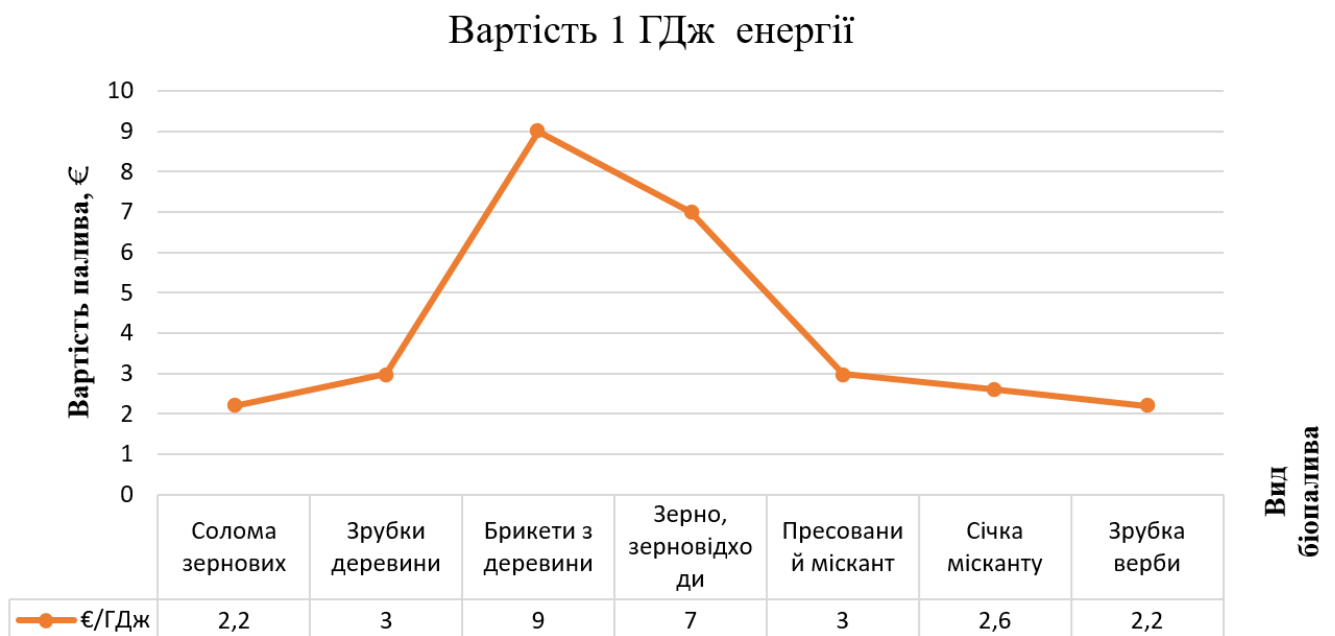


Рис. 1.1 – Графік залежності Є/ГДж в залежності від виду біомаси

Виходячи з розрахунків потенціалу біомаси у вигляді деревних і сільськогосподарських відходів, виконаних для кожної з областей (табл. 1.1),

можна зробити висновок про те, що запаси відходів деревини в цих областях є обмеженим і тому використання запасів деревини не є досить доцільним. Таким чином, основним видом паливного матеріалу мають стати сільськогосподарські відходи. З графіка (рис. 1.1) видно, що найефективнішим у співвідношенні вартість/теплотворна здатність (Є/ГДж) є солома, січка місканту та зрубка верби [25].

Табл. 1.3 – Показники найбільш вигідного використання типу біомаси

	Тип біомаси			
	Солома зернових культур	Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	Деревна біомаса (дрова, парубкові залишки, віходи деревооброби)	Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)
Річний запас біомаси в Україні*, млн.т/рік	30,6	40,2	4,2	6,9
Реальна кількість, 50% від загальної, млн.т/рік	15,3	20,1	2,1	3,45
Q_n^P , кДж/м ³	18, 800	15, 500	11, 600	16, 400
W^P , %	10	12	10	7
Часова витрата, B_p , т/ч	12,6	15,3	15,2	14,5
Необхідна кількість палива в рік, т/рік	756	918	972	870
Можлива робоча кількість блоків, N	20	22	2	4

* - статистичні данні запасів біопалива використані за 2013р.

Для подальшого розрахунку будемо розглядати Київську область як потенціально-біоенергетичний район.

Табл. 1.4 – Потенціал сільськогосподарської біомаси в Київській області

Біомаса зерно- бобових культур, тис. МВт*ч/рік	Біомаса соняшника, тис. МВт*ч/рік	Рослинні відходи кукурудзи, тис. МВт*ч/рік	Рослинні відходи овочей відкритого та закритого типу, тис. МВт*ч/рік
1140	88	1530	910

Виходячи з даних таблиць, 1-4,1-5 видно що найбільш потенціально вигідним для спалювання біомаси є – кукурудза.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

За обсягами утворення біомаси кукурудза – найпродуктивніша культура серед зернових. Поки що в Україні тільки її частина – зерно – реалізується як товарна продукція. Проте паливні характеристики побічної продукції кукурудзи та властивості її золи, технології та обладнання для заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно роблять її цілком можливим та вигідним ресурсом для виробництва енергії. Тому, для подальшого розрахунку біопалива обираємо — кукурудзу.

2 ПРОВЕДЕННЯ ТЕПЛОВИХ РОЗРАХУНКІВ ПРИ СУМІСНОМУ СПАЛЮВАННІ БІОМАСИ ТА ВУГІЛЛЯ

2.1 Обґрунтування вибору виду палива

Для визначення наявності біомаси був проведений аналіз щодо потенціальних видів біомаси, який дає змогу провести загальну оцінку доцільності та економічності [1]. При проведенні аналізу було прийнято допущення, що для використання при сумісному спалюванні в енергетичних котлах буде використовуватись 50% від наявності доступного палива. Такий підхід служить гарантією наявності достатнього запасу палива. Іншими словами, навіть якщо потенціал для енергетичного використання біомаси на перший погляд здається високим, про економічну доцільність і життєздатність проекту використання енергії біомаси можна говорити лише в тому випадку, якщо наявні запаси біомаси в районі його реалізації в 3-4 рази перевищують рівень розрахункової потреби. Результати аналізу наведені в табл. 1.

Табл. 2.1 – Показники найбільш вигідного використання типу біомаси

Характеристика виду біопалива	Тип біомаси			
	Солома зернових культур	Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	Деревна біомаса (дрова, парубкові залишки, віходи деревооброки)	Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)
Річний запас біомаси в Україні, млн.т/рік	30,6	40,2	4,2	6,9

Продовження табл. 2.1

Характеристика виду біопалива	Тип біомаси			
	Солома зернових культур	Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	Деревна біомаса (дрова, парубкові залишки, віходи деревооброки)	Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)
Q_n^p , кДж/м ³	18, 800	15, 500	11, 600	16, 400
*Часова витрата, т/ч	12,6	15,3	15,2	14,5
**Необхідна кількість палива в	88200	107100	113400	101500

рік на один котел, т/рік				
-----------------------------	--	--	--	--

* – при використанні 10% біомаси при сумісному спалюванні по теплу

** – при тривалості експлуатації 7000 год/рік

Для визначення техніко-економічних показників котла при сумісному спалюванні були проведені варіантні теплові розрахунки котла. В якості прототипу був використаний котел ТПП-312А. Тепловий розрахунок проводився за методикою, визначеною в [26].

Результати повного розрахунку при сумісному спалюванні кукурудзи та вугілля наведені в додатку А.

Розрахунок нижчої теплоти спалювання при спалюванні двох твердих палив, розраховувався по заданій масовій частці [26]:

$$Q_p^H = Q_p^H \cdot g' + Q_p^H (1 - g'), \text{кДж/кг}$$

де $Q_{\text{нр}}'$ – нижча теплота згоряння першого твердого палива;

$Q_{\text{нр}}''$ – нижча теплота згоряння другого твердого палива;

g' – масова частка одного з палив у суміші.

2.2 Опис котла ТПП-312

В магістерській дисертації виконаний тепловий розрахунок котла ТПП-312 при спалюванні антрациту. Це є одним з елементів наукової новизни і особистого вкладу дисертанта у виконаній роботі.

Паровий котел ТПП-312 спроектований однокорпусним прямоточним агрегатом ЗКТ для енергоблоків 300 МВт. ТПП-312 збудований в 1970 р [2].

Паровий котел ТПП-312 спроектований для роботи на відсіві газових донецьких вуглів (ГСШ). Температура відхідних газів $t_{\text{відх}} = 136$ °С, ККД котла $\eta = 92,44$ %.

Паровий котел має П-образну, однокорпусну компоновку. ЗВТ (зона великої теплоємкості) знаходиться у топці. Топка прямокутного перерізу розмірами 17,3 х 8,65 м без пережиму і аеродинамічного виступу. Нижня частина екранів топки ошипована і покрита карборундовою масою.

В топці для спалювання ГСШ (вугілля газове “семечко-штиб”) встановлено №, вихрових пальників продуктивністю 8,5 т/год кожна. Вони розположені в два яруси на фронтівій і задніх стінках. Температура газу перед горизонтальними ширмами на виході із топки рівна 1190 °С. Температура вторинного повітря прийнята рівною 370 °С, а первичного по умовам вибухонебезпеки – 280 °С.

Низ топки і стіни топкової камери покриті панелями НРЧ, СРЧ1, СРЧ2 та ВРЧ. Над топкою розположені горизонтальні ШП I ВТ та ШП II ВТ. Стіни горизонтального газоходу і поворотної камери покриті трубами фронтального і потолочного екранів поворотної камери.

На рис. 2.1, 2.2 зображені поздовжній розріз та схема пароводяного тракту котла.

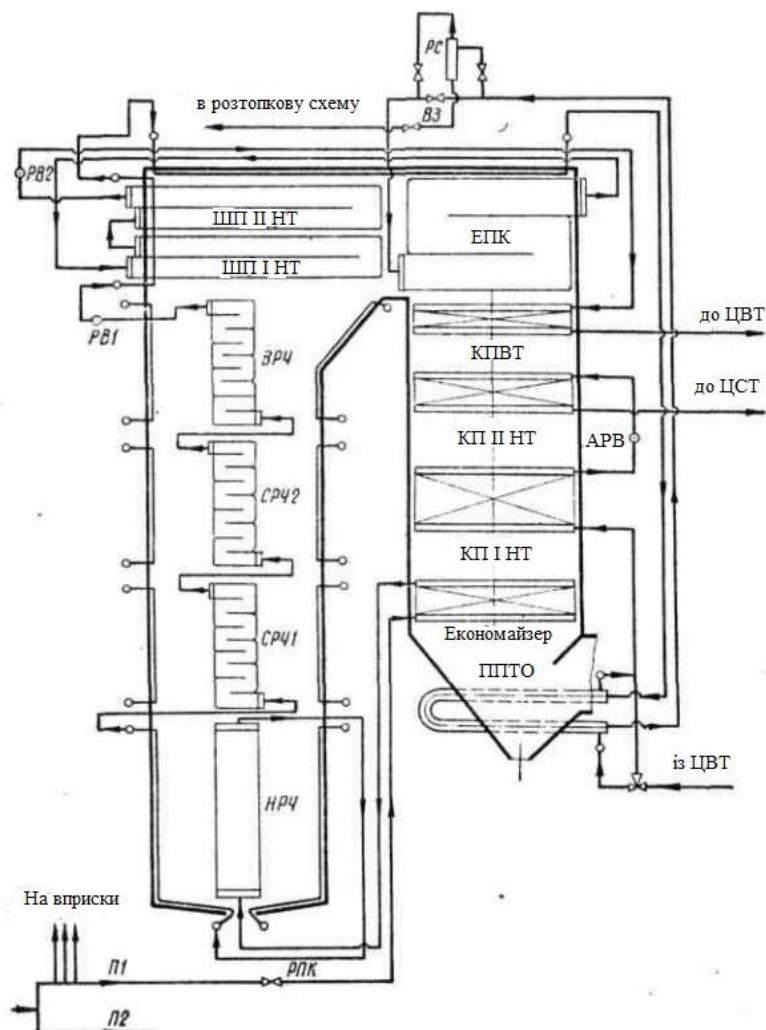


Рис. 2.1 – Поздовжній розріз парового котла ТПП-312

В опускній шахті послідовного по ходу газів встановлені КПВТ, КП І НТ, КП ІІ НТ та економайзер. Поза газоходом, між корпусами парового котла, розположений ППТО (паро- паровий теплообмінник).

Пароводяний тракт виконаний у вигляді 2-х самостійно регулюючих потоків без перекидів. НРЧ виготовлена з одноходових підйомних панелей з необігріваними опускними трубами; панелі з'єднані послідовно, кількість ходів НРЧ – чотири. Перший хід екранує бокові стіни. Далі потік розділяється на дві частини: одна направляється в три послідовно з'єднані панелі фронтової стіни, а друга – в панелі задньої стіни. При цьому рух серидовища по панелях відбувається від середини екрану до його окраїн. Панелі фронтового і задніх екранів НРЧ екранують також низ топки.

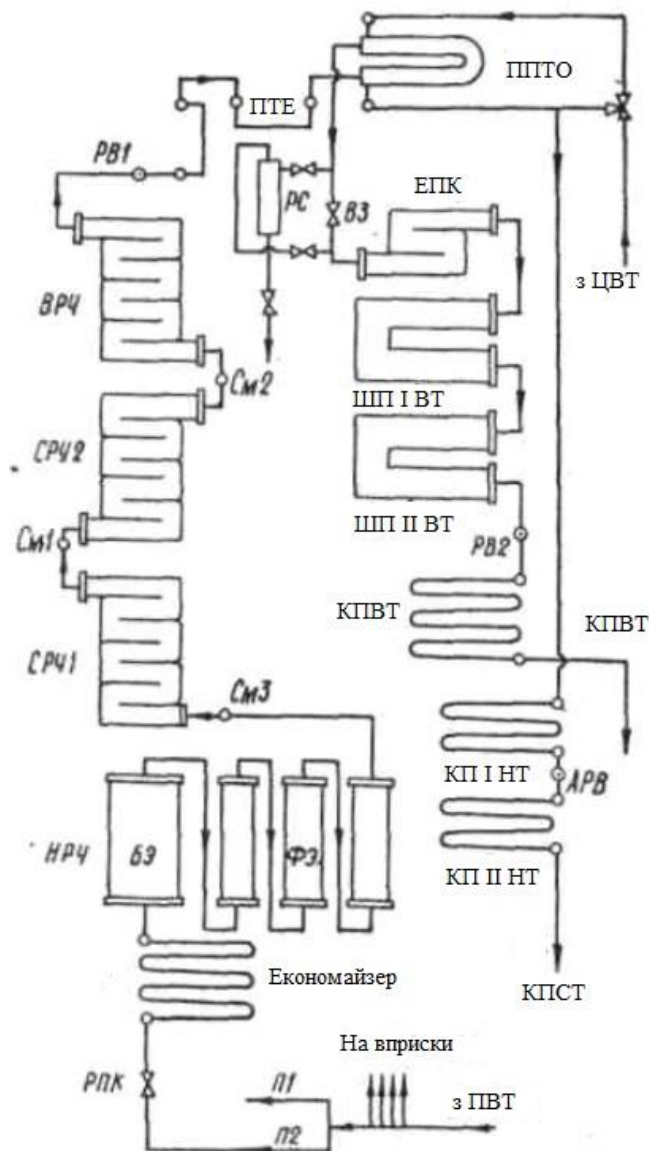


Рис. 2.2. – Схема пароводяного тракту котла ТПП-312

Далі вода в СРЧ1 і СРЧ2, які виконані з багатоходових горизонтально-підйомних панелей. Панелі мають ширину, визначену залізнодорожними габаритами, розположені по периметру топки і включені паралельно. Потім вода подається в ВРЧ, яка виконана одноступінчатою.

З ВРЧ вода поступає в екран верхньої частини фронтової стіни. Екран одноходовий з вертикальним розположенням труб. У границях кожного потоку перед СРЧ1, СРЧ2, та ВРЧ встановлені роздатні-змішувачі. За фронтовим екраном по ходу води розположені потолочний екран і екран поворотної камери. Між ними включені вбудована засувка і позтопковий сепаратор і виробляється відбір пару на ППТО. Далі розміщений горизонтальний ширмовий перегрівач, який складається з двох послідовно включених ступеней. Крок ширм по ширині рівний 840 мм. Між ступенями пар переміщується і перекидається в границях потоку. Далі пар поступає в КПВТ, розміщений у верхній частині опускної шахти.

Вторинний пароперегрівач виконаний з двох пакетів, розміщених в опускній шахті і включений по ходу пару після ППТО.

Між ступенями вторинного пару перегрівача розміщений аварійний вприскуючий регулятор.

Паровий котел обладнаний двома РПП (регенеративний повітро-підігрівач). Підігрів повітря роздільний: первичного – до 280 °С, вторинного – до 370 °С.

Шлаковидалення – рідке. Вихід рідкого шлаку відбувається через два летки, захищені змієвиками, охолоджуючі технічною водою.

Обмуровка котла – щитова, кріпиться до металічного каркасу котла, не зв'язаному з будівельними конструкціями котельної.

Для очищення конвективних поверхонь нагріву від забруднень передбачена дробіструйна установка; для очистки екранів, ширм і повітропідігрівача – обдувочні апарати, крім того, обмивка регенеративного повітропідігрівача.

2.3 Результати теплових розрахунків при сумісному спалюванні біомаси з вугіллям

При виконанні розрахунків біли прийняті наступні допущення:

- в якості біопалива були прийняті кукурудза і деревина. Характеристика кожного виду палива представлена в табл. 2;
- розрахунки були проведені при заміні базового палива (по теплу) на 5%, 10%, 15%, 20% та 25% біомаси, для того щоб оцінити найбільш оптимальний вміст суміші, як по економічним так і по технічним характеристикам. данні результатів розрахунків представлені в табл. 3-4;
- вартість антрациту та біомаси була прийнята на основі середніх цін 2018 року, по зовнішнім джерелам [19, 20].

Табл. 2.2 – Характеристика палив

Вид палива	Характеристика палива			
	Q_n^p , кДж	W_t^p	A^p	$V_p^{1,4}$
Антрацит	23571	5	24,7	7
Кукурудза	14653	16,1	6,8	75
Деревина	10467	40	0,6	5

Таблиця 2.3 – Характеристика сумісного спалювання кукурудзи та антрациту

Характеристика	Відсоткова суміш кукурудзи у паливі при сумісному спалюванні					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Теплота палива, кДж/кг	23571	23127	22679	22236	21788	21344
q_2 , %	4.99	5.05	5.10	5.16	5.22	5.28
q_4 , %	4	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5
q_6 , %	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.32
ККД КУ, %	90.46	90.51	90.56	90.61	90.66	90.71

Продовження табл. 2.2.

Розрахункова витрата палива антрациту, V_p , т/год	118,6	112,6	106,7	100,8	94,9	88,9
Розрахункова витрата палива кукурудзи, V_p , т/год	—	6,4	12,8	18,7	24,7	30,6
Сумарна розрахункова витрата палива, V_p , кг/год	118 631	119 113	119 615	120 030	120 682	121 249
Паропроодуктивність котла, D , т/год	950	932	914	895	878	860

Таблиця 2.4 – Характеристика сумісного спалювання деревини та антрациту

Характеристика	Відсоткова суміш деревини у паливі при сумісному спалюванні					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Теплота палива, кДж/кг	23571	22918	22261	21608	20950	20297
q_2 , %	4.99	5.04	5.09	5.14	5.19	5.25
q_4 , %	4	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5
q_6 , %	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31
ККД КУ, %	90.46	90.52	90.58	90.63	90.69	90.74
Розрахункова витрата палива антрациту, B_p , т/год	118,6	112,6	106,7	100,8	94,9	88,9
Розрахункова витрата палива кукурудзи, B_p , т/год	—	6	12,7	18,6	24,5	30,5
Сумарна розрахункова витрата палива, B_p , кг/год	118 631	118 732	119 483	119 838	120 330	120 618
Паропродуктивність котла, D , т/год	950	918	892	862	833	802

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Для визначення граничних умов паропродуктивності котла були проведені теплові розрахунки на основі використання 100% кукурудзи та деревини. Розрахунок показав, що проектна паропродуктивність 950 т/год зменшується до 589 т/год і 347 т/год для кукурудзи і деревини відповідно.

В обох випадках при сумісному спалюванні кукурудзи чи деревини з вугіллям знижується майже однаково втрата теплоти з відхідними газами q_2 . Це пов'язано з тим, що знижується ентальпія холодного повітря $I_{\text{хп}}$, яка змінюється внаслідок зменшення теоретично необхідного повітря V^0 , а також зменшення ентальпії відхідних газів $I_{\text{відх.г}}$, у частині газового тракту.

Було прийнято, що втрати теплоти з механічною неповнотою згоряння будуть зменшуватись, так як недогорілих частинок палива буде менше. Оскільки

кількість шлаку, провалу і виносу та їхньою неповнотою згоряння у суммі складу біомаси будуть менші ніж складові антрациту.

У не значній мірі, проте втрата теплоти зі шлаком q_6 також зменшується, у зв'язку з тим що у складі палива біомаси значно низький відсоток зольності у порівнянні з антрацитом, тому при збільшенні частки суміші біомаси – відповідно втрати теплоти зі шлаком стають менші.

Внаслідок того, що q_2 та q_6 зменшуються, ККД котла – зростає.

При сумісному спалюванні антрациту з біомасою з 25%-м вмістом біомаси, паропроодуктивність обмежується всього лиш на 10%, що є допустимим значенням, виходячи з того, що середнє навантаження енергоблоків ТЕС в даний час підтримується на рівні 80% від номінальної.

Результати розрахунків показують, що при додаванні долі біомаси, як відходів кукурудзи так і деревини, зростає не тільки економія у паливі, але й деякі технічні показники. Внаслідок цього ККД котла зростає від 0,05% до 0,28%, але втрати тепла з механічним недопалом та втрати тепла із-за видалення золи і шлаку у топці зменшуються, що призведе до зменшення процесів шлакування поверхонь то більшого терміну експлуатації.

Використання частки палива з великим виходом летючих дозволяє знизити вірогідність використання підсвітки топки природним газом при зниженні якості основного палива.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИ СУМІСНОМУ СПАЛЮВАННІ БІОМАСИ ТА ВУГІЛЛЯ

3.1 Техніко-економічний розрахунок при сумісному спалюванні кукурудзи та вугілля

В даному розділі представленні затрати на паливо що використовуються при сумісному спалюванні кукурудзи та вугілля у співвідношеннях відсотку кукурудзи 5,10,15,20 та 25% (табл. 3.1), а також економічні втрати при недовиробленні електричної енергії (табл. 3.2).

Табл. 3.1 – Економічні витрати при недовиробленні електроенергії

* - ціна за кВт електроенергії [23]

Склад палива	Вихідна електрична потужність, МВт	Витрати, грн/год
100% кукурудза	186	$114 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 175\ 150$
95%+5%=100	294,3	$5,7 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 8\ 757$
90%+10%=100	288,6	$11,4 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 17\ 515$
85%+15%=100	282,6	$17,4 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 26\ 733$
80%+20%=100	277,2	$22,8 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 35\ 030$
75%+25%=100	271,5	$28,5 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 43\ 787$

Табл. 3.2 – Економія палива

Склад палива	Ціна витрати палива, т/год			
100% антрацит	$118,6\ \text{т} \cdot 5800\ \text{грн} = 687\ 880\ \text{грн/год}$			
100% кукурудза	$133,9\ \text{т} \cdot 2500\ \text{грн} = 334\ 750\ \text{грн/год}$			
Ціна палива	Вартість антрациту у суміші при ціні 5800 грн/т	Вартість кукурудзи у суміші при ціні 3000 грн/т	Сумарна ціна, грн/год	Економія при спалюванні суміші, грн/год
95%+5%=100	$112,6\ \text{т} \cdot 5800\ \text{грн} =$	$6,4\ \text{т} \cdot 2500\ \text{грн}$	669 080	18 800

	653 080 грн/год	= 16 000 грн/год		
--	-----------------	---------------------	--	--

Склад палива	Вихідна електрична потужність, МВт	Втрати, грн/год		
100% деревина	109,5	$190,5 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 292\,684$		
95%+5%=100	289,9	$10,1 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 15\,518$		
90%+10%=100	281,6	$18,4 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 28\,270$		
85%+15%=100	272,2	$27,8 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 42\,712$		
80%+20%=100	263	$37 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 56\,847$		
75%+25%=100	253,2	$46,8 \cdot 0,92 \cdot (1,67 \cdot 1000) = 71\,904$		
90%+10%=100	106,7 т*5800 грн = 618 860 грн/год	12,8 т*2500 грн = 32 000 грн/год	650 860	37 020
85%+15%=100	100,8 т*5800 грн = 584 640 грн/год	18,7 т*2500 грн = 46 750 грн/год	631 390	56 490
80%+20%=100	94,9 т*5800 грн = 550 420 грн/год	24,7 т*2500 грн = 61 750 грн/год	612 170	75 710
75%+25%=100	88,9 т*5800 грн = 515 620 грн/год	30,6 т*2500 грн = 76 500 грн/год	592 120	95 760

3.2 Техніко-економічний розрахунок при сумісному спалюванні деревини та вугілля

В даному розділі представленні затрати на паливо що використовуються при сумісному спалюванні деревини та вугілля у співвідношеннях відсотку деревини 5,10,15,20 та 25% (табл. 3.3), а також економічні втрати при недовиробленні електричної енергії (табл. 3.4).

Табл. 3.3 – Економічні витрати при недовиробленні електроенергії

* - ціна за кВт електроенергії [23]

Табл. 3.4 – Економія палива

Склад палива	Ціна витрати палива, т/год
100% антрацит	118,6 т *5800 грн = 687 880 грн
100% деревина	187,8 т *1000 грн = 563 400 грн

Ціна палива	Вартість антрациту у суміші при ціні 5800 грн/т	Вартість деревини у суміші при ціні 1000 грн/т	Сумарна ціна, грн/год	Економія при спалюванні суміші, грн/год
95%+5%=100	112,6 т*5800 грн = 653 080 грн	6 т*1000 грн = 6 000 грн	653 086	34 794
90%+10%=100	106,7 т*5800 грн = 618 860 грн	12,7 т*1000 грн = 12 700 грн	631 560	56 320
85%+15%=100	100,8 т*5800 грн = 584 640 грн	18,6 т*1000 грн = 18 600 грн	603 240	84 640
80%+20%=100	94,9 т*5800 грн = 550 420 грн	24,5 т*1000 грн = 24 500 грн	574 920	112 960
75%+25%=100	88,9 т*5800 грн = 515 620 грн	30,5 т*1000 грн = 30 500 грн	546 120	141 760

Враховуючи дані табл. 3.1 – 3.4, на рис. 3.1 зображений графік сумарних витрат на біомасу відносно відсотку суміші у паливі.

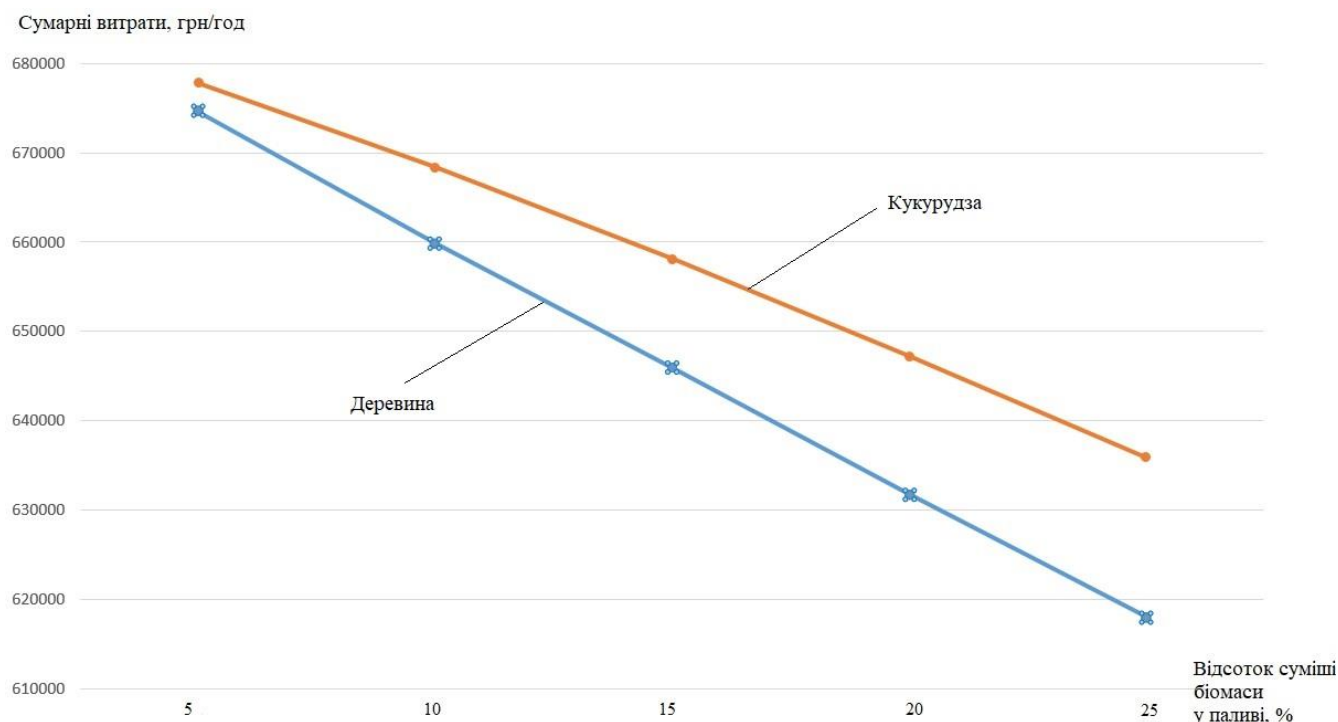


Рис. 3.1 – Графік сумарних витрат на біомасу відносно відсотку суміші у паливі

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

З рис. 3.1 видно, що кукурудза переважає по економічних витратах ніж деревина, майже у 10 000 грн/год, проте враховуючи те, що проектна вихідна потужність зменшуються при спалюванні суміші, тому недовироблення електроенергії при максимальній відсотковій суміші біомаси 25% зменшується до 271,5 МВт і 253,2 МВт для кукурудзи і деревини відповідно. Однак, допускається

що, недовироблення електроенергії може досягати не вище 10% від проектної потужності (300 МВт), тому можна зробити висновок що найбільш оптимальним відсотком суміші біомаси складає 15%, з вихідною потужністю у 272,2 МВт.

4 СИСТЕМА ПИЛОПРИГОТУВАННЯ ДЛЯ СУМІСНОГО СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ З ВУГІЛЛЯМ

4.1 Існуюча практика сумісного спалювання біомаси

Значна кількість установок в світі, використовуваних для вироблення електроенергії, працюють по пиловугільній технології з факельним спалюванням.

У зв'язку з цим з причин, викладених раніше, зацікавленість у використанні біомаси для виробництва енергії особливо актуальна для цієї технології при спільному спалюванні основного твердого палива з біомасою.

Збільшення частки енергії, що виробляється на біомасі, пов'язане з все більшою популярністю спільного спалювання біомас з вугіллям в існуючих пиловугільних котлах. Застосування в котлах навіть невеликої частки біомас в суміші з вугіллям призводить до широкої утилізації біомас без великих капітальних вкладень на відміну від будівництва спеціальних установок. Наприклад, при заміні 5% вугілля біомасою на вугільній ТЕС потужністю 2000 МВт, можливе використання 375000 т біомаси в рік. При цьому поліпшується екологія, зменшується середня вартість палива, що спалюється на ТЕС палива і виробленої енергії. Однак специфічні властивості біомас особливо їх шлаків і корозійні властивості змушують обмежити частку їх використання в суміші з вугіллям в одній установці. Більшістю зарубіжних дослідників встановлено розмір цієї частки не більше 10 ... 20%, а найбільш впевнено - 5 ... 10% (конкретна частка визначається в залежності від характеристик використовуваної біомаси та використовуваного топкового пристрою) [3]. Здатність паливної маси до помелу (волокнистість структури, щільність), вологість, вибухонебезпечність визначають вибір технологічних рішень по забезпеченню сушки біомаси, її помелу і транспорту; а реакційна здатність біомаси, зміст пов'язаного вуглецю, відношення величини виходу летючих до величини пов'язаного вуглецю - визначила граничний фракційний склад, гранична вологість визначається на горінні біомаси і

конструкції пальників, їх розміщення з умов займання і вигорання біомаси в топковому просторі. Дослідженнями зарубіжних авторів встановлено: оптимальний розмір деревної біомаси подається в топку $\approx 1,0$ мм (перевіряється можливість збільшення до 2 ... 3 мм), вологість біомаси, що надходить на помел - 20%, а надходить в топку розмеленої біомаси - 8% [17].

4.2 Вибір схеми пилориготування

Табл. 4.2.1 – Характеристики палива кукурудзи

Сернистість $S_{\text{обс}}, \%$	Вологість $W_p, \%$	Зольність $A_p, \%$	Вихід летючих $V_r, \%$	Теплота спалювання $Q_{\text{нр}},$ МДж/кг	Размоло- здатність $K_{\text{ло}}$	Теоретичні об'єми $V, \text{м}^3/\text{кг}$		Рекомен- дований тип млина
						V_0	V_{0r}	
0,04	16,1	6,8	75	14,65	1,3	4,65	5,45	ММ

Табл. 4.2.2 – Характеристики палива деревини

Сернистість $S_{\text{обс}}, \%$	Вологість $W_p, \%$	Зольність $A_p, \%$	Вихід летючих $V_r, \%$	Теплота спалювання $Q_{\text{нр}},$ МДж/кг	Размоло- здатність $K_{\text{ло}}$	Теоретичні об'єми $V, \text{м}^3/\text{кг}$		Рекомен- дований тип млина
						V_0	V_{0r}	
0,05	40	0,6	5	10,46	1,3	3,14	4,07	ММ

Так як характеристики палив кукурудзи та біомаси деревини, достатньо близькі, подальші розрахунки та обґрунтування будуть проводитись сумісно для одної системи пилоприготування на основі кукурудзи. Відходи виробництва кукурудзи на зерно - стебла, стрижні (тобто розмір шматка 0-200 мм). Деревна біомаса - дрова, парубкові залишки, відходи деревооброки. Процес пилоприготування складається з попереднього грубого дроблення до шматків 150-200 мм, уловлювання металів, відділення тріски, просівання і тонке дроблення до шматків не більше 25 мм, сушіння і розмол до необхідної тоніни.

Якість вугільного пилу характеризується тонкістю помелу і вологістю.

Оскільки вихід летючих кукурудзи 75% - високий, то помол може бути грубим, тому нижчі витрати енергії на пилоприготування.

Тут можуть бути розглянуті наступні основні з випробуваних систем.

- За системою 1 біомаса після попередньої підготовки (подрібнення, сушіння) або без неї змішується з вугіллям в системі подачі палива (до систем пилоприготування); отримана в результаті суміш вугілля з біомасою надходить в систему пилоприготування, де здійснюється її спільний помел; отриманий після розмелювання в системі пилоприготування продукт направляється в пальники для спільного спалювання.
- За системою 2, здійснюється роздільне пилепріготовлення біомаси і вугілля. Розмелених біомаса вводиться в пиловугільний потік перед деякими або перед усіма пальниками. В оптимізованому варіанті такої схеми застосовуються двопоточні (з роздільним введенням по паливу) пальника. Така схема впроваджена, наприклад, на котлі енергоблоку 380 МВт в Данії для спільного спалювання вугілля і соломи.
- За системою 3 біомаса готується в автономній системі подачі і розуміли, а спалюється в пальниках, оптимізованих для спалювання біомаси. За такою схемою (рис.1) був реконструйований котел блоку 635 МВт компанії EPON для електростанції в Нідерландах (Гельдерланд). На цій ТЕС, запроектованої для спалювання деревної біомаси спільно з вугіллям (в кількості 3,27% по теплу), деревна тріска транспортується на електростанцію в контейнерах, розвантажуються в приймальні бункери і по конвеєру подається на дроблення; дві дробильні установки продуктивністю по 10 т / год подрібнюють тріску до розмірів частинок 1 ... 8 мм. Потім дроблена деревина транспортується в бункери млинів (дві мікромлини); сушка проводиться під час конвеєрної транспортування на млини зі зниженням вологості до 8%; розмір часток, що виходять з блоків микромельниці, менше 1 мм; вони після пиловловлювача пневмоконвейером подаються на зберігання в силос-бункер поруч з котлом; дозирующая система подає пил на чотири окремі інжекторні лінії, кожна з яких з'єднана з пальником тепловою потужністю 20 МВт для спалювання деревини.
- За системою 4 передбачається часткове спалювання біомаси (головним чином деревини) в попередньої камері спалювання (або газифікації) з

подальшим надходженням гарячих газів з камери попереднього спалювання в камеру пиловугільного котла (така схема з виносної топкою і попередньої газифікацією для котла блоку 270 МВт опрацьована в США і буде розглянута далі докладніше).

- Опрацьовувалася також і система 5, по якій передбачалася підготовка і спалювання деревних суспензій (по аналогії з успішним в ряді країн досвідом використання водовугільних суспензій). Однак реального розвитку вона не отримала.

З розглянутих схем найбільш перспективною виглядає технологія спільного спалювання біомаси з вугіллям в пиловугільних котлі по системі №3 (система №4 буде, як сказано вище, розглянута окремо). Обумовлюється це наступними міркуваннями (по надійності, економічності, обсягу модернізації та вартості):

- пиловугільні млина не здатні одночасно забезпечити розмелювання і вугілля та біомаси в силу різної здатності до помелу і транспорту цих матеріалів, що вимагає різної вентиляції та умов розмелювання для кожного з них (волокнистість структури біомаси, її різна з вугіллям щільність, різна здатність до помелу) для отримання тонкомолотого матеріалу, необхідного для пиловугільного спалювання; при різній реакційної здатності біомаси та вугілля для кожного з них є свій оптимальний зерновий склад з необхідною тонкістю помелу за умовами займання і вигорання;
- при спільному спалюванні біомаси з вугіллям існуючі пилосистеми не завжди прийнятні за умовами вибухобезпеки;
- автономна система подачі, дроблення, розмелювання і спалювання біомаси дозволяє знизити вплив сезонності у постачанні біомаси, підвищує надійність роботи котла за рахунок можливості відключення в аварійних або негативних ситуаціях (надходженню неякісної та некондиційної біомаси) системи вступу біомаси;
- автономна система спалювання біомаси в окремих пальниках дозволяє адаптувати конструкцію пальника стосовно основних характеристик біомаси, умов займання і горіння, а оптимальне розміщення пальників дозволяє

оптимізувати вплив введення біомаси на умови роботи камери згоряння пиловугільного котла в цілому (теплообмін, викиди, регулювання);

- обсяг реконструкції, пов'язаний зі спільним спалюванням біомаси з вугіллям в одному пиловугільному котлі, є найбільш прийнятним за витратами для оптимальних (за умовами надійності і економічності) умов по системі №3.

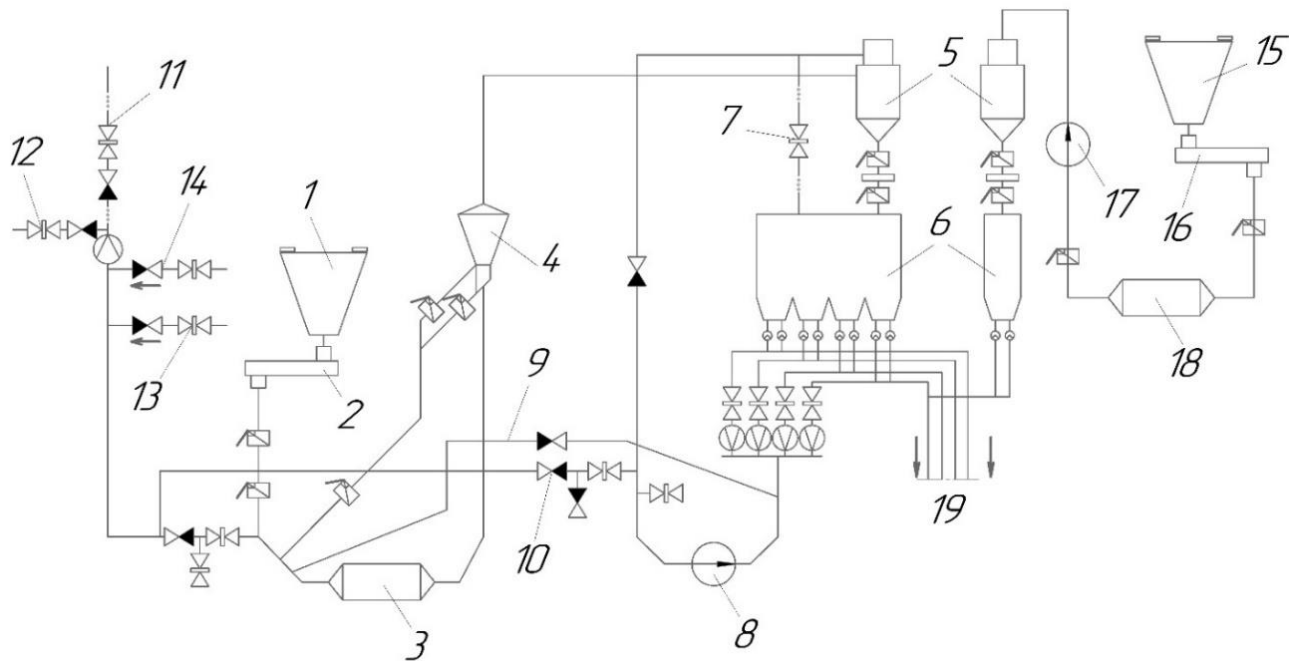
При виборі системи подачі палива для спільного спалювання біомаси, природно, слід виходити як з характеристик продукції, що поставляється біомаси, так і з її гранулометричного складу, що змішуються видів біомас.

Таким чином, вимоги до системи пилоспалювання в цілому можуть бути наближені до вимог до факельної спалювання вже освоєних в енергетиці палив типу фрезерного торфу, лігнітів, малозольних бурого вугілля, тобто:

- пряме вдування;
- сушка гарячими інертними газами, взятими з топки;
- розмелювання в млинові пристрій, що дозволяє розмелюють паливо з волокнистою будовою матеріалу;
- установка пилеконцентратора для поділу пилового потоку і скидання вологи вище основного факела;
- прямоточні пальники.

При цьому доцільно використовувати спрощену конструкцію сепаратора, так як, наприклад лігніти (а вони мають $W^p = 13 \dots 20\%$; $V^p = 55 \dots 70\%$; $W^p = 45\%$; $A^p = 15 \dots 30\%$; $Q^{np} = 1700 \dots 2600$ ккал / кг), економічно доцільно розмелюють (з досвіду їх використання) до $R_{90} = 65 \dots 75\%$ і $R_{200} = 35 \dots 60\%$ за умови, що вони попередньо підсушують до гігроскопічної вологості.

В межах визначення технічної можливості щодо діючої та/чи створення нової інфраструктури (паливного господарства), що забезпечить процес подачі біомаси на електростанції була розроблена принципова схема сумісного паливного господарства енергоблоку. За основу були прийняті матеріали уже впроваджені та практично довірені схеми, що використовуються [16, 17]. Данна схема паливо-приготування представлена на рис. 4.1.



1 – бункер сирого вугілля; 2 – стрічковий живильник сирого вугілля; 3 – млин; 4 – сепаратор; 5 – циклон; 6 – бункер пилу; 7 – вологовідсмок з бункера пилу; 8 – млиновий вентилятор; 9 – лінія рециркуляції; 10 – байпас пилосистеми; 11 – гаряче повітря після повітряпідігрівача; 12 – присадка холодного повітря від дуттьового вентилятора; 13 – гарячі димові гази з газоходу після водяного економайзера від димосмоку рециркуляції газів; 14 – холодні димові гази з газоходу після осьового димосмоку котла від димосмоку присадки газів; 15 – бункер сирого палива біомаси; 16 – стрічковий живильник біомаси; 17 – дуттьовий вентилятор; 18 – молотковий млин з сепаратором ; 19 – пилопроводи до пальників.

Рис. 4.1 – Система пилоприготування котла з сумісним спалюванням

Подача базового палива сумісно з біомасою, можлива безпосередньо в пальник. Для того щоб організувати подачу біомаси, необхідна організація окремого паливогосподарства на тепловій станції. Особливістю заявленої системи для здійснення даного способу підготовки і спалювання твердого палива з біомасою є те, що система пилоприготування рис. 1 виконана з можливістю приготування пилоподібного палива різної тоніни помелу для основних 8 пальників: для цього система пилоприготування забезпечена окремим бункером сирого палива 15, далі – стрічковим живильником біомаси - 16, принаймні одним додатковим молотковим млином з сепаратором - 18, дуттьовим вентилятором - 17, окремо виділеним циклоном 5, та бункером пилу – 6, так як безпосереднє змішування пилової

біомаси та вугілля може бути вибухонебезпечним. Далі з'єднаною системою пилоподачі паропроводів 19 паливо біомаси та вугілля йде безпосередньо у пальники. У кожній основного пальника передбачаються канали введення вторинного повітря з різними параметрами крутки, канал введення первинної суміші і центральний охолоджуваний канал з розміщеними в ньому трубами під форсунку і запальник.

В основних вихрових пальниках у вихідному перерізі каналу первинного повітря (аеросуміші) встановлюється нерегульований осьовий завихрювач. Канал вторинного повітря розбитий на два кільцевих потоку. У внутрішньому кільцевому каналі встановлюється нерегульований осьовий завихрювач, в зовнішньому - регульований. Завихрювач зовнішнього каналу дозволяє змінювати параметр крутки повітряного потоку. Для перерозподілу витрат вторинного повітря між кільцевими каналами на вході в канали встановлені настроювальні шибери, оснащені електричними приводами.

Зазначена схема є комбінацією традиційної схеми паливоподачі з елементами, що призначені для підготовки до спалювання і подачі в пилові бункери біомаси. До таких елементів відносяться: бункер сирого палива біомаси, стрічковий живильник біомаси, вентилятор, молотковий млин, пилопроводи до пальників.

4.3 Вибір типу млина

Рекомендований тип млинів – молотковий млин. Вони застосовуються для м'яких високовологих палив. Підсушка палива виконується двоступенево: до млина в спеціальному сушильному пристрої (шахті) і в самому млині. Розмелювання біомаси відбувається в результаті ударної дії масивних молотків, при ударах яких створюється тиск 1,0-1,4 кПа, достатній для подолання опору від млина до топки.

Число млинів, що встановлюються на котел, визначається їх типом, системою пилоприготування і паропродуктивністю.

Обираю 2 млини, $Z = 2$.

Коефіцієнт запасу: $K_3 = 1.1$

Витрата біомаси (при урахуванні суміші біомаси в 25%): $B_p = 31$ т/год

Обираю млини продуктивністю 20 т/год кожен. У разі зупинки одного млина перерахуємо сумарну продуктивність іншого млина:

$$B_k = Z \cdot B_p / K_3 = 2 \cdot 31 / 1.1 = 68,2 \text{ т/ч.}$$

Отже, забезпечують 100% навантаження.

Тип млина, його маса, продуктивність, габаритні розміри, частота обертання, продуктивність по заданій марці вугілля, потужність приводу, діаметри вхідного і вихідного патрубків, розміри фундаменту наведені в таблиці 1.3.

Елементи млина на монтажі заздалегідь не укрупнюють, але ревізію вони проходять. Решту відправних марок збирають на фундаменті млина.

Таблиця 4.3 – Монтажні характеристики ММТ 1500/1910/735

Параметри вуглерозмовувального млина ММТ 1500/1910/735	
Тип млина	ММТ 1500/1910/735
Діаметр ротора D_p , мм	1500
Довжина ротора L_p , мм	1910
Активний переріз ротора F_p , m^2	2,86
Номінальна частота обертання валу n_p , об / мин	735
Колова швидкість бил u_b , м / с	50
Зазор між ротором і бронею, мм	3
Число рядів бил по довжині ротора, шт.	16
Проектна кількість бил в рядах, шт.	6×16
Максимальна кількість бил, шт.	96
Ширина била, мм	110
Число рядів бил по довжині ротора, шт.	16
Проектна кількість бил в рядах, шт.	6×16
Продуктивність млина, т/год	20
Розміри фундаменту: довжина x ширина, мм.	1910×1500

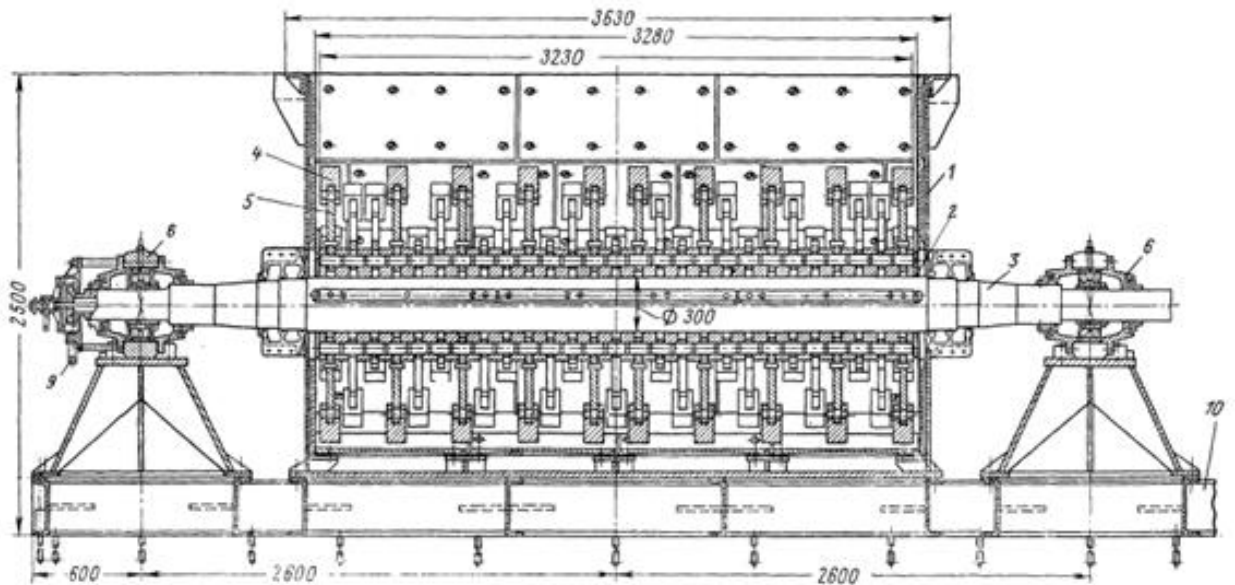


Рисунок 4.2 – Вуглерозмольний млин типу ММТ 1500/1910/735

4.4 Вибір дуттьового вентилятора

Додатковий дуттьовий вентилятор розраховується в схемі для всмоку аеросуміші біомаси, для транспортування його до циклону.

Швидкість повітря у трубопроводі:

$$V_{\text{опт}} = C(4\mu_p(V_v/V_m) + 0,01\gamma_m + b) =$$

$$= 1,1(4*0,1*11,1 + 0,01*5,1 + 7) = 12,5 \text{ м/с}$$

де C – коефіцієнт, який дозволяє враховувати місцевий опір (1,05-1,1);

μ_p – витратна концентрація аеросуміші (0,05-0,10);

V_v/V_m – відносна транспортуюча швидкість повітря;

γ_m – середня об'ємна маса матеріалу, кг/м³;

b – коефіцієнт для врахування форми і розмірів чатинок/

Рорахункова продуктивність дуттьового вентилятора для транспортування:

$$G_m = 1,15 * V_{\text{опт}} \gamma_m / n = 1,15 * 12,5 * 5,1 = 73,31$$

де 1,15 – коефіцієнт, враховуючий нерівномірність завантаження технологічного обладнання.

Напір дуттьового вентилятора:

$$H_{\text{дв}} = H_v = 4.8 \text{ кПа}$$

$$H_{\text{дв}}^p = \beta_2 H_{\text{дв}} = 1.15 \cdot 4.8 = 5.52 \text{ кПа}$$

За прототип обираю дуттьовой вентилятор ВДН-32Б

Таблица 4.4 – Характеристики дуттьового вентилятора

Подача V, тис. м ³ /ч	Повний тиск p, Па	Температура газу t, °C	ККД η, %	Частота обертання, об/мин	Споживаюча потужність N, кВт
465	5520	30	87	980	729

Потужність на валу дуттьового вентилятора:

$$N_e = V_{\text{дв}}^p \cdot H_{\text{дв}}^p / \eta^p = 464.9 \cdot 10^3 / 3600 \cdot 4.91 \cdot 10^3 / 0.87 = 0.728 \text{ МВт}$$

Потужність приводу:

$$N_e = N_e \cdot \beta_3 = 1.05 \cdot 0.7288 = 0.765 \text{ МВт}$$

$\beta_3 = 1.05$ коефіцієнт запасу, необхідний на подолання інерції при пуску вентилятора.

Змішування вугілля і біомаси безпосередньо у пальники з подачею суміші палив в систему пилоприготування є простим і найбільш дешевим методом спільного спалювання. Додаткові капітальні вкладення становлять 50 ... 100 \$ на 1 кВт електричної потужності, забезпечується споживанням біомаси. Метод здійснимий в пиловугільних топках при подачі деревної біомаси або кукурудзи в кількості, що не перевищує 5% по масі палива. При цьому особлива увага повинна приділятися розміром частинок біомаси, яка подається в топку. Розмір частинок визначається часом їх перебування в топці. Сприятливо те, що кінетика вигорання частинок біомаси швидша, ніж вугілля. Тому підготовка біомаси до спалювання

зазвичай заключається в її подрібненні - деревини до 6 мм, кукурудзи до довжини не більше 5 мм.

При реалізації цієї технології основні проблеми виникають у системі пилоприготування. Додавання деревної біомаси та кукурудзи до вугілля збільшує витрату електроенергії на розмол. Зменшується температура сушильного агента на виході з млина. При подачі в валкові млини деревини в кількості більше 5% по масі погіршується ситовий аналіз вугільного пилу до фракційного складу, неприйнятної для роботи котла. Збільшення вмісту вологи деревини може привести до зниження продуктивності млинів, як наслідок, до зниження продуктивності котла. Є обмеження і за якістю біомаси. Так, наприклад, значний вміст волокнистої кори може привести до блокування роботи вугільних млинів.

Спільне спалювання біомаси з вугіллям на існуючих вугільних електростанціях широко застосовуються в Європі і світі та є найменш капіталомістким способом використання біомаси для виробництва електричної енергії. При цьому істотно поліпшуються екологічні показники електростанцій. Запропонована технологія має усі необхідні передумови для проведенної технології спільного спалювання біомаси з вугіллям.

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1 Опис ідеї проекту

Даний розділ дає цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея полягає у частковій заміні базового палива (антрациту) на ТЕС з заміщенням біомаси	Теплова енергетика	Економія на закупці антрациту, який є набагато дорожчий за біомасу

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Базове паливо			
1.	Гнучкі ціни	Значно ширший діапазон	Віднос-но стабіль-на ціна	Вологість	Калорійність	Зольність

Продовження табл. 5.2

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Базове паливо			
2.	Рівень концентрації	Вся Україна	Східна Україна	-	-	Висока концентрація
3.	Доступ до ресурсів	Відкритий	Обмежений	-	-	Доступність
4.	Концентрація постачальників	Вся Україна	Східна Україна, закор-	Перевезення	-	Швидкий доступ

			дон			
5.	Контроль якості	Присутній	Присутній	Незавжди відпові-дає якості	-	-
6.	Переваги у затратах виробництва	Оптова ціна	Дорого	-	-	Економія

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного розділу, проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 5.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/добробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Розробка додаткової схеми пилоприготування сумісного спалювання для подачі біомаси в котел являється найбільш доцільною у її реалізації, враховуючи її доступність, простоту реалізації та відносно не високі затрати у порівнянні з іншими технології, що вимагають високого фінансового забезпечення, що є не економічно доцільним, а також конструктивно складним у реалізації.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Замінити частково базове паливо в котлі блоку 300 МВт на біомасу	Розробка додаткової схеми пилоприготування сумісного спалювання для подачі біомаси в котел	Данні технології являються наявними та є широко розповсюдженими у Європі	Додаткове обладнання для схеми пилопроготування і паливоподачі є достатньо доступними
	Реконструкція пальника та базової схеми пилопроготування для безпосередньої подачі біомаси в пальники	Наявні реконструкції мають дуже не розвинений характер та ще не є доцільно ефективно доказаними на практиці	Дана технологія вимагає високопрофесійної підготовки та наукового дослідження для проведення практичних дослідів,

			а також високого фінансового забезпечення
	Реконструкція топки котла, закупівля нових пальників спеціально спроектованих для подачі та спалювання заданого палива	Наявні реконструкції мають дуже не розвинений характер та ще не є доцільно ефективно доказаними на практиці	Данна технологія являється доволі доступною, проте високо фінансово-затратною
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту:</p> <p>Розробка додаткової схеми пилоприготування сумісного спалювання для подачі біомаси в котел являється найбільш доцільною у її реалізації, враховуючи її доступність, простоту реалізації та відносно не високі затрати у порівнянні з іншими технологіями, що вимагають високого фінансового забезпечення, що є не економічно доцільним, а також конструктивно складним у реалізації.</p>			

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку зображена в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Не відомо
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	3000 грн/т
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відстань від постачальника до споживача не завжди комфортна
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вибухонебезпечність, шлакуємість, вологість,

		різнобічний гранульований склад
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	67%

Визначені потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формування орієнтовного переліку вимог до товару для кожної групи зображено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Спалювання палива для вироблення теплової або електричної енергії для споживачів	Теплові електростанції, теплоелектроцентралі, міні ТЕС, побутові котли	Різна конструкція, принципи роботи, технічні вимоги окремих агрегатів, теплові характеристики, паропроductивність, потужність	Характеристики палива: вихід летких, зольність, температура плавлення золи, калорійність, волога

Визначення аналізу ринкового середовища наведені в табл. 5.6, 5.7.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Вміст окислу азоту NO	Приводить до викидів деяких забруднюючих атмосферу речовин	Закупівля спеціальних фільтрів для очищення біопалива
2.	Безконтрольна заготовка палива з біомаси для електростанцій	Наносить шкоду природі	Виплата штрафів або ж взагалі закриття станції
3.	Виробництво біопалива шляхом компостування	Може супроводжуватись неприємними запахами на станції	Модернізація вентиляції або спеціального приміщення для зберігання біопалива
4.	Широкий діапазон коливання вологості, підвищене шлакування	Погіршення процесу спалювання у топці котла, зниження ККД, збільшення кількості періодів очищення поверхностей нагріву (топки котла) і газоходу (димохід)	Додаткові витрати енергії на сушку палива, використання сушильних агентів
5.	Різнобічний гранульований склад	Підвищення витрат на механічний та хімічний недопал	Встановлення додаткового обладнання для дроблення та розмолу біопалива, підвищення витрати на електроенергію

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Необмежене	Біомаса являється	Побудова власного

	виробництво	відновлюючим видом палива	виробництва
2.	Вироблення метану	Можна виробляти метан на невеликих компостних установках	Забезпечення енергобезпеки, дозволяє розсередити централізовані джерела, знижує ризики від природних катастроф і впливу “людського фактору”
3.	Широкий діапазон біомаси	Вибір необхідного виду біопалива для заданих характеристик при сумісному спалюванні що потребує обладнання	Гнучкість реконструкції підпорядковуючись під вид палива
4.	Засіб переробки біопалива	Пряме спалювання, газифікація, піроліз, анаеробне бродіння, ферментація	Вироблення додаткових енергопотреб

В табл. 5.8 визначені загальні риси конкуренції ринку.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції: монополістичний	Відносно велике число виробників пропонують подібну	Компостування продукції, розширення ринку та їх видів
За рівнем конкурентної боротьби: національний	Сільськогосподарська продукція та теплова енергетика поширена на всіх областях України	Модернізація існуючих ТЕС, ТЕЦ, міні ТЕС а також будівництва нових станцій працюючих за даною технологією
За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Існує в уже широкому ринку продукції твердого палива	Покращення хімічного складу біопалива
Конкуренція за видом товару: Товарно-родова	Конкурує сумісно з твердим паливом на ринку	Імпортизація та локалізація ринку постачальників

Продовження табл. 5.8

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
За характером конкурентних переваг: цінова	Розширений та різний асортимент цінової продукції	Зниження або здешевлення на ринку конкуренції
За інтенсивністю: марочна	Можливі як сертифіковані виробники так і не сертифіковані	Сертифікація продукції, маркування

Більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М.Портера) наведений в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Вугілля Природний газ Рідке біопаливо	Заміщення теплової енергетики на атомну або альтернативну енергетику	Росія, США, Казахстан	Близько 60% теплових станцій України	Мазут
Висновки:	Україна має власні родовища видобутку вугілля і використовує його у більшій мірі ніж природний газ у тепловій енергетиці, в тому числі його імпорту	Поточні темпи розвитку сектору біоенергетики в Україні є недостатніми для досягнення цілей Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року.	Впровадженні види палива були завчасно спроектовані на існуючий ринок теплової енергетики та є базовими джерелами для їх використання	В залежності від цінової політики являються залежними від постачальників	Можливе зникнення необхідності біопалива шляхом заміщення мазутом

На основі аналізу, проведеного в табл. 5.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5.4) та факторів маркетингового середовища (табл. 6, 5.7) визначені перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 5.10).

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Використання в пиловугільному факельному спалюванні	Біомаса, як додаткове паливо, може успішно використовуватися для спільного спалювання і на найбільш перспективному (за умовами масовості впровадження) напрямку - в установках пиловугільного факельного спалювання. При цьому, з огляду на специфічний склад її мінеральної частини і підвищену здатність, за умовами збереження потужності частка біомаси при спільному спалюванні з вугіллям повинна бути обмежена. Перевіреніми, за даними зарубіжних досліджень, граничними величинами доданого до основного палива кількості біомаси є 5 ... 10% (по теплу). При конкретному перекладі пиловугільного котла на сумісне спалювання з біомасою ця величина уточнюється в процесі випробувань і для певних умов може бути збільшена (до 15 ... 20%); проектувати систему для біомаси доцільно на $\approx 20\%$ продуктивності (по теплу).
2.	Автоматизація	Оптимальна технологічна схема при спільному спалюванні біомаси з вугіллям включає в себе: автономну систему паливоприготування (дроблення, розмелювання), транспорту готового продукту, спалювання - в окремих, оптимізованих для біомаси та раціонально розміщених в котельній камері горілчаних пристроях.
3.	Збільшення кількості робочих місць	Виробництво біомаси створить до 2020 р. 400 тис. нових робочих місць, особливо в сільській місцевості. Наприклад, у США використання біомаси призвело до утворення 70 тис. додаткових робочих місць. До того ж, воно стане інструментом для виконання національних цілей з розвитку відновлювальних джерел енергії. Швеція, наприклад, має намір перейти на використання біомаси для виконання частини ухвалених урядом зобов'язань щодо відмови від атомної енергетики. Одержання біомаси потребуватиме від розвинених країн виділення додатково менше 2 % земельних ресурсів і не буде загрожувати виробництву сільськогосподарських продуктів чи збереженню природи. Підсумовуючи все сказане вище, можна зробити висновок: енергія з біомаси представлена на планеті чи не у найбільшому асортименті.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 5.10) проведений аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 5.11)

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін “Сумісного спалювання біомаси та вугілля”

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкретів у порівнянні						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

1	Використання в пиловугільному факельному спалюванні	15	+						
2	Автоматизація	18			+				
3	Збільшення кількості робочих місць	10						+	

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складений на основі аналізу факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості (прогнозованими результатами) наведені в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: ціна, доступність	Слабкі сторони: склад палива
Можливості: сумісне спалювання	Загрози: зниження ККД

Визначені альтернативи з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 5.13)

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Побудова локального виробництва	Висока	3-4 місяці

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 5.4.1).

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
-------	--	---	---	--------------------------------------	--------------------------

1.	Теплові електростанції, теплоелектроцентралі	У випадку модернізації схеми паливоприготування	Високий	Низька	Низька
2.	Міні ТЕС, побутові котли	Як правило потребують тільки закупки додаткового обладнання	Високий	Середня	Висока
Які цільові групи обрано: Міні ТЕС, побутові котли потребують як правило лише затрати на закупку додаткового обладнання для системи паливоприготування, на відміну від реконструкції в схемах ТЕС та ТЕЦ. Висока простота входу у сегмент.					

Підсумовуючи все сказане вище, можна зробити висновок: енергія з біомаси представлена на планеті чи не у найбільшому асортименті. Для роботи в обраних сегментах ринку сформована базова стратегія ринку (табл. 5.15).

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	В Україні діє "зелений" тариф на електроенергію, вироблену з твердої біомаси (12,39 Євроцентів / кВт · год).	Підготовка та прийняття стимулюючого законодавства в області біоенергетики в Україні, гармонізація його з європейським законодавством.	Поліпшення умов роботи бізнесу в секторі біоенергетики.	Поступово ліквідувати існуючу схему субсидування з бюджету України вартості природного газу для населення і житлово-комунального господарства.

2.	Продовження зростання ціни на природний газ на кордоні України. Прогнозна ціна на 2012 - найвища за всю історію країни - 425 \$ / 1000 м3	Підготовка аналітичних звітів щодо розвитку біоенергетики в Україні	Підвищення частки біоенергетики в енергетичному балансі країни до середнього рівня ЄС до 2030 р.	Планування роботи асоціація, контроль виконання планів, ТЕЦ на біомасі
3.	Створення проекту «Енергія біомаси» в рамках Національного проекту «Енергія природи»	Лобіювання, відстоювання та захист інтересів сектора біоенергетики	Інформування громадськості / пропаганда можливостей біоенергетики в Україні	Спростити процедуру отримання податкових пільг для ввезення в Україну енергоефективного обладнання

* - опис базових стратегій розвитку

Вибір конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект “першопрохідцем” на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Так	Так	Калорійність, вихід летких, вологість	Закупівля обладнання для переробки та зміни характеристик палива

*- опис стратегій конкурентної поведінки

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальників (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16) розроблена стратегія позиціонування (табл. 5.17), що полягає у формуванні ринкової позиції

(комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельний проект.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
	З огляду на специфічний характер біомаси, сезонність постачання, залежність характеристик від конкретної групи	Скасувати, або істотно зрушити за термінами введення вимога 50% частки місцевого обладнання, матеріалів і	За різними оцінками, потенційна встановлена потужність в сегменті біоенергетики може становити 10-15 ГВт тепла і 1-1,5 ГВт електроенергії.	Біоенергетична асоціація України

Продовження табл. 5.17.

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту

кожного виду (наприклад, тирсу або солома і т.д.), конкретну технологічну схему для енергетичного використання доцільно розробляти у відповідності з конкретними характеристиками очікуваної до постачання біомаси. Це може дозволити спростити схему підготовки і спалювання біомаси. У разі необхідності універсалізації використання біомаси всіх видів на одній установці в системі паливопідготовки має бути передбачено: просівання (класифікація).	послуг в проектах, які отримують ЗТ з біомаси та біогазу. ї Спростити процедуру землевідведення під об'єкти біоенергетики. ї Спростити процедуру комплексної експертизи проектів з будівництва котелень та ТЕЦ на біомасі, біогазових установок та інших біоенергетичних об'єктів. Створити біоенергетичну асоціацію України.		
---	---	--	--

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 5.18 підсумовано результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
	Висока	Економія затрат	Доступність, незалежність від зарубіжних країн, дешева ціна

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субтитутути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 5.5.2).

Таблиця 5.19 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень ціни на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на послугу
	1000-3500 грн	4500-7500 грн	4,5-5 млрд. грн/рік	500-3000 грн

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що опирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 5.20).

Таблиця 5.20 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення

Інвестиції у відновлювану енергетику України будуть збільшуватися, в той час як витрати на обладнання знижуватися, впевнені 69% фахівців. Ще 12% припускають, що зростання інвестицій припиниться після того, як будуть виконані певні регуляторні вимоги.	Енергетична спільнота	Зусилля для досягнення цієї мети до 2020 року спрямовані на створення нової бізнес-моделі в області енергетичного сектора. У минулому, електрику, отримане з деревини, було представлено невеликим сегментом виробництва з переробки відходів: скандинавські целюлозно-паперові компанії володіли невеликими теплоелектростанціями, розташованими поблизу виробництва, на яких спалювали гілки і тирсу.	Біомаса є відновлюваним джерелом енергії, тому що ми завжди можемо виростити більше дерев і посівів, і відходи буде існувати завжди.	У секторі електроенергії з урахуванням впливу «зеленого» тарифу на період до 2020 року можна рекомендувати впровадження наступного обладнання для виробництва електроенергії з біомаси: міні-ТЕЦ на деревині, міні-ТЕЦ на соломі, когенераційні установки.
--	-----------------------	---	--	--

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Ефективність біомаси як джерела енергії обумовлена легкістю її одержання та швидким поновленням запасів. Швидкоростучі рослини та біовідходи сільського, лісового, комунального господарств та промисловості створюють потужну сировинну базу для газифікації, що може служити підставою для планування мереж низової енергетики, що включає газогенератори, двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) та котли. Щорічна здатність цієї сировинної бази до поновлення визначає стійкість створеної на її основі енергетичної системи.

Енергетичні аргументи на користь використання біомаси: різноманітні, досить прості, без зайвих трудовитрат, методи одержання енергії з біомаси; біомаса може вироблятися і використовуватися без значних технологічних інвестицій; накопичена у біомасі енергія є найменш капіталомістким джерелом відновлюваної енергії; виробництво біопалив з біомаси надає додаткові робочі місця, що особливо важливо для сільських територій; використання біомаси поліпшує паливний баланс регіону.

Відновлювана енергетика - сектор енергетики, що динамічно розвивається у світі. На сьогодні частка ВДЕ в загальному постачанні первинній енергії у світі становить близько 13%, в тому числі біомаси - 10%, що відповідає більше 1300 млн. т. н.е. / рік.

Європейський Союз успішно рухається до досягнення мети 2020 року відновлюваної енергетики - 20% енергії з ВДЕ в валовому кінцевому енергоспоживанні. За останні 10 років цей показник зріс з 8% до 14%. Внесок біомаси в валове кінцеве енергоспоживання ЄС вже перевищив 8%, а до 2020 року має зрости до 14%. Найбільші успіхи досягнуті в секторі теплової енергії - біомаса забезпечує майже 16% загального обсягу генерації, що відповідає третьому місці після природного газу і вугілля. Внесок біомаси в секторі електроенергії ЄС більш скромний - 4% загального обсягу генерації і 19% від усіх ВДЕ.

Україна має великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії, що є гарною передумовою для динамічного розвитку сектора біоенергетики. Економічно доцільний енергетичний потенціал біомаси в країні становить близько 20-25 млн. т у.п. / рік. Основними складовими потенціалу є відходи сільськогосподарського виробництва (солома, стебла кукурудзи, стебла соняшнику і т.п.) - більше 11 млн. т у.п. / рік (за даними 2013) і енергетичні культури - близько 9 млн. т.у.п. / рік

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектора поновлюваних джерел енергії, з огляду на високу залежність країни від імпортних енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. На жаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні до сих пір істотно відстають від європейських. На сьогоднішній день частка біомаси в загальному постачанні первинної енергії в країні становить лише 1,2%, а у валовому кінцевому енергоспоживанні - 1,78%.

Динаміка розвитку сектора ВДЕ в чому визначається наявністю механізмів його стимулювання. На сьогодні одним з небагатьох дієвих інструментів підтримки відновлюваної енергетики в країні є «зелений» тариф на електроенергію, вироблену з ВДЕ, в тому числі з біомаси. Згідно з даними НКРЕ, станом на 1 травня 2014 року в секторі біоенергетики «зелений» тариф отримали 5 компаній, які виробляють електроенергію з біомаси та 5 об'єктів, які працюють на біогазі.

Для всіх виробників величина «зеленого» тарифу становить 12,39 євроцентів / кВт · год, що еквівалентно 194,85 коп. / кВт · год без ПДВ на 01.05.2014.

Основними напрямками реалізації енергетичного потенціалу біомаси та біогазу в Україні є виробництво теплової та електричної енергії. Відповідні концепції розвитку енергогенерації на біомасі до 2020 р і 2030 р були розроблені біоенергетичних асоціацією України. До 2020 року біомаса може замінити близько 3,5 млрд. МЗ / рік природного газу для виробництва теплової енергії, а до 2030 року - 7,5 млрд. МЗ / рік. У секторі електроенергії потужність об'єктів на біомасі може скласти понад 530 МВт до 2020 року і понад 2100 МВт до 2030 року. Згідно з концепцією БАУ, частка біомаси в загальному виробництві теплової енергії складе 14% в 2020 р і 32% в 2030 року, а у виробництві електроенергії - 1% і 4%, відповідно. При цьому внесок біомаси в валове кінцеве енергоспоживання країни може досягти 4,3% в 2020 р і 10% в 2030 р

В Україні існує ряд бар'єрів для успішного розвитку сектора біоенергетики. До них можна віднести недосконалість існуючого законодавства по «зеленому» тарифу, недостатня увага діючої Енергетичної стратегії до можливостей сектора, недолік дієвих механізмів стимулювання відновлюваної енергетики та інші. Біоенергетична асоціація України розробила комплекс заходів, спрямованих на подолання цих бар'єрів і активне залучення біомаси в енергетичний баланс країни. Вважаємо, що реалізація цих заходів внесе істотний внесок в зміцнення енергетичної незалежності України.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Стаття 1 Закону України «Про охорону праці» визначає, що охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Завдання охорони праці – звести до мінімуму імовірність нещасного випадку або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфортних умов для досягнення максимальної продуктивності праці.

Закон “Про охорону праці” визначає основні положення, що стосуються конституційного права громадян на охорону їх життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює взаємовідносини між підприємством і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, встановлює єдиний порядок охорони праці в Україні.

В таблиці 5.1 наведені данні про стан виробничого травматизму в деяких галузях України [10].

Табл. 6.1 - Оперативні дані про стан виробничого травматизму в деяких галузях за 2006 р. порівняно з 2005 р.

Напря́м на́гляду	2006		2005		+/-	
	Кі́лькість неща́сних ви́падків					
	у́сього	У т.ч. смерт ельни х	у́сього	У т.ч. смерт ельни х	у́сього	У т.ч. смерте льних
Вугі́льна проми́словість	6749	168	7778	156	-1092	+12
Гі́рничору́дна та не́рудна проми́словість	539	26	576	39	-28	-13
Нафтогазови́добуток і геоло́горозві́дка	52	5	74	15	-22	-10

Продовження табл. 6.1

Енергетика	352	38	376	32	-24	+6
------------	-----	----	-----	----	-----	----

Будівництво	1169	152	1214	130	-45	+22
Котлонагляд, підйомні споруди	1118	31	88	35	23	-4
Машинобудування	2022	61	2353	67	-331	-6
Металургійна промисловість	1098	42	1028	45	701	-3
Хімічна промисловість	465	20	448	28	17	-8

Тема дипломного проекту «Сумісне спалювання біомаси та вугілля в котлі блоку 300 МВт». Так як в дипломному проекті розглянуті теплові розрахунки сумісного спалювання в котлі ТПП-312А, за основу взято Запорізьку ТЕС, де працюють данні агрегати.

На Запорізькій ТЕС встановлено наступне основне устаткування:

Перша черга

1. Чотири парових турбіни типу К-300-240. Потужність 300 МВт;
2. Чотири енергетичні котлоагрегатів ТПП-312А, продуктивність –950 т/год;

Встановлена проектна потужність першої черги 1200МВт. Основні параметри робочого процесу:

- тиск гострої пари $P_0=24$ МПа;
- температура гострої пари $t_0=550$ °С;
- паливо – вугілля ГСШ, резервне – природний газ, аварійне – мазут М-100;

Основне устаткування розміщено у закритому приміщенні, яке має наступні габаритні розміри:

- котлоагрегати: висота 52,5 м, глибина 39 м.
- турбоагрегати: висота 25 м, глибина 45,8 м.

Електростанція видає в енергосистему струм напругою 110 та 330 кВ.

Споживачами електроенергії власних потреб є:

- електродвигуни потужністю 250 кВт та вище напругою 6 кВ (живильні, мережні, циркуляційні, приводи млинів, та ін.);
- електродвигуни 380/220 В (приводи засувки, виконавчих механізмів та ін.);
- освітлення.

Враховуючи тему дипломного проекту і обмеженість обсягу, далі розглянуті питання охорони праці по котельному відділенню другої черги котло-турбінного цеху.

6.1 Технічні рішення по забезпеченню безпечної експлуатації спроектованого обладнання

1. Технологічна схема та компоновка котельного відділення забезпечує максимально можливу механізацію і автоматизацію технологічних процесів, що дозволяє виключити наявність постійних робочих місць безпосередньо біля котлоагрегату та іншого обладнання, безпечне та зручне обслуговування обладнання, найменшу довжину комунікацій [12].
2. В котельному відділенні передбачена можливість в'їзду транспорту для транспортування вузлів обладнання при ремонті та монтажі. Для цього з сторін постійного та тимчасового торців є ворота з під'їзними шляхами [26].
3. Конструкції котлоагрегату, водяного економайзера, пароперегрівача та інших елементів обрані надійними та безпечними у експлуатації; для огляду, ремонту, очищення поверхонь нагріву котлоагрегат обладнано лазами прямокутної форми 500x600 мм, для візуального спостереження за процесом горіння – лючками [26].
4. З урахуванням розмірів котлоагрегату запроектовано спорудження сходів та майданчиків по периметру котла. Сходи та майданчики обслуговування обгороджені перилами висотою не менше 1 м з бортовим елементом по низу перил не менше 0,14 м [11]. Відстань від рівня майданчика до верхнього перекриття – не менше 2 м. Сходи виконані з листової просіченої сталі товщиною 5 мм, з насічкою, кут нахилу до горизонталі 45°. По периметру котла споруджені майданчики обслуговування на відмітках 3, 6, 8 м і вище через кожні 3-4 м [12].
5. Відстань від фронту котла до протилежної стіни котельного відділення не менш 3 м [26].
6. Конструкція котлоагрегату та його елементів передбачає вільне теплове розширення за рахунок їх закріплення до стінок котла за допомогою кріпильних деталей, пружинних пристосувань [12].
7. Усе тепломеханічне обладнання з $t_{\text{стінки}} > 45^{\circ}\text{C}$ при температурі повітря $t = 25^{\circ}\text{C}$ теплоізолюється для забезпечення безпеки персоналу від опіків та для зменшення

теплообміну між обладнанням та навколишнім середовищем. Обладнання на якому проводиться контроль металу забезпечується знімною ізоляцією [12].

8. Для визначення тиску пари встановлено манометри (клас точності 0,1) :

- на живильній лінії перед органом, що регулює живлення котла водою;
- на паропроводах гострої пари;
- на водонагрівальних котлах – на вході води в котел та на виході нагрітої води, до запірного органу [12].

9. Термопари встановлено на кожному паропроводі до головної парової засувки (ГПЗ), на вхідній частині змішувачів кожної секції пароперегрівача, до та після парохолодника; кожна термопара підключена до реєструючого приладу [12].

10. Кожен котлоагрегат оснащений чотирма імпульсними запобіжними клапанами (ІЗК) гострої пари, сумарною пропускною здатністю рівною максимальній продуктивності котла. Клапан встановлений у верхній точці котла, вихлоп із клапанів виведений на дах котельного відділення в місцях, недоступних для обслуговуючого персоналу. ІЗК обладнані пристроєм, що дозволяє проводити примусове відкриття клапану дистанційно, з місця машиніста котла. Клапани мають захисні пристрої, що запобігають персоналу від опіків при спрацюванні ІЗК. Установка виконана: 2 клапани на вихідному колекторі пароперегрівача та 2 на паропроводі до головної парової засувки (ГПЗ). Тиск початку відкриття ІЗК $P = 1,1 \cdot P_{\text{роб}}$ [13].

11. На живильному трубопроводі встановлена запірна засувка і зворотній клапан, що запобігає вихід води у живильний трубопровід. Між котлом та паропроводом встановлено два запірних вентиля з встановленими між ними дренажами діаметром 20 мм. Усі трубопроводи обладнані у верхніх точках повітряниками, а в нижніх точках дренажними пристроями [13].

12. Котлоагрегат обладнаний автоматичними регуляторами, що дозволяють підтримувати його у режимі нормальної роботи. Регулятори підтримують задані параметри робочого середовища, співвідношення паливо – повітря та ін., не допускаючи виникнення аварійних ситуацій.

13. Конструкцією котлоагрегатів передбачена автоматична система захисту та блокувань, що спрацьовують на зупин котла [11].

14. При аварійному відключенні живлення передбачений інерційний вибіг роторів живильних насосів і димососів, для недопущення вибуху паливоповітряної суміші передбачено автоматичне припинення подачі палива при згасанні факелу.
15. Для механізації ремонтних робіт передбачені вантажопідйомні механізми та транспорт; для обслуговування обладнання, що розташоване поза зоною дії мостових кранів використовуються механічні та ручні механізми.
16. Передбачена наявність спеціальних площадок для розміщення ремонтного обладнання, що обслуговуються мостовим краном.
17. небезпечні зони та пройми обладнані пересувними та стаціонарними огороженнями. Частина виробничого устаткування, що рухаються (димососів, нагнітаючих вентиляторів та ін.), до яких можливий доступ персоналу, мають механічні щити огороження. Такими огороженнями оснащені всі сполучні напівмуфти електродвигунів та механізмів.
18. Засувки і вентиля, для відкривання яких потрібно велике зусилля, забезпечені обвідними лініями і механічними чи електричними приводами [12].

6.1.1 Електробезпека

Електробезпека на підприємстві регламентується [10, 13].

Згідно [33] котельне відділення відноситься до категорії «Особливо небезпечних приміщень», у зв'язку з наявністю струмопровідної підлоги, можливості одночасного торкання до корпусу електродвигунів і металоконструкції, що має контакт із землею, високих температур, вологості та ін. У котельному відділенні розміщене устаткування, що живиться високою напругою:

- електродвигуни напругою 6,3 кВ які живляться від мережі ізольованої від землі;
- електродвигуни напругою 380/220В що живляться від мережі з глухо заземленою нейтраллю (приводи засувки та іншого устаткування потужністю до 20 кВт);
- електроживлення системи освітлення - чотирьох провідне, трифазне з глухо заземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Існує 3 групи технічних рішень по запобіганню електро-травматизму:

1. Технічні рішення по запобіганню електротравм від контакту з нормально струмовідними елементами електроустаткування. У відповідності до нормативних документів [14] передбачається:

- застосування малих напруг (12В – система переносного освітлення, 42В – місцеве освітлення);
- силові устаткування і лінії електропередач оснащені блокуваннями безпеки які не дозволяють відкрити комутаційну апаратуру без відключення джерела живлення - реле, втичні контакти комірок;
- дистанційне керування двигунами технологічних механізмів здійснюється з місцевих щитів керування і ГЩУ;
- при роботі всередині топки котла використовуються для освітлення світильники з лампами накаливання 42 В. При цьому світильники розташовуються на висоті 2,5 м над робочим місцем, що виключає доступ до них без застосування інструмента. Електропроводка розташована в метало рукавах.
- забезпечено недоступність струмоведучих частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних жолобах);
- забезпечено ізолювання струмоведучих частин з використанням поліхлорвінілової й іншої ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль опору ізоляції в мережах 6,3 кВ;
- розподільні шафи, пускові пристрої і клемні коробки закритого типу (розміщуються в спеціальних кожухах) – для забезпечення неприступності неізованих струмоведучих частин [13];
- пускова апаратура електродвигунів, витяжних вентиляторів установлена поза приміщенням котлоагрегату;
- електродвигуни технологічних механізмів керуються дистанційно з щита керування [14];
- використовуються малі (знижені) напруги (12 В – переносне освітлення, що живиться від спеціальної стаціонарної мережі). Допускається освітлення усередині топок акумуляторними і батарейними ліхтарями. Для ручного електроінструмента і місцевого стаціонарного освітлення – 42В [13];

- світильники системи загального освітлення розташовані на висоті не менш 2,5 м над робочими місцями [13];
- напруга освітлювальної мережі в котельному відділенні, як і по всій ТЕЦ, приймається 220 В із заземленою нейтраллю;
- в електроустановках забезпечена орієнтація за рахунок застосування знаків і міток. Усі струмоведучі частини обгороджені і вивішені плакати (“Стій! Напруга”, “Не влязь, уб’є!”, “Не включати – працюють люди!”). Установлено блокування, що знімають напругу при знятті огорожень;
- у котельному відділенні запроектований поперечний тунель для прокладки кабелів, на площадці димососів і вентиляторів прокладка кабелів здійснюється в трубах [14];
- штепселі розеток (та відповідні вилки) 12,42 В повинні не підходити до розеток (вилки) 220В [14];
- в установках застосовується світлова, звукова сигналізація;
- для забезпечення безпечної роботи та схоронності обладнання передбачено блокування електродвигунів (блокування не дозволяє розкрити комутуючу апаратуру без відключення від джерела живлення) [15].

2. Технічні рішення щодо запобігання електротравм при переході напруги на нормально неструмовідні елементи електроустаткування:

- застосування захисних заземлень для усунення небезпеки при замиканні на корпус, шляхом зниження до безпечних значень струму, що проходить через людину.

Захисне заземлення виконується навмисним електричним з'єднанням металевих частин електроустановки з “землею” чи еквівалентом. Заземленню підлягають всі електроустановки напругою > 380 В змінного і > 440 В постійного струму [13]. Воно передбачається для мереж з ізольованою нейтраллю до 1000 В і при будь-якому режимі нейтралі при напрузі вище 1000 В. Електродвигуни напругою 6,3 кВ із живленням від мережі з ізольованою нейтраллю заземлюються за допомогою залізобетонних фундаментів будинків і споруджень, металевих і залізобетонних конструкцій, що утворюють безперервний електричний ланцюг по металу. У котельному відділенні для заземлення використовується штучний контур заземлення;

- застосовується занулення в трифазних чотири провідних мережах, електроспоживачі на напругу 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю, що перетворює пробій на корпус у коротке замикання фази, у результаті чого спрацьовує захист і установка відключається від мережі. У якості занулюючих провідників використовують нульові робочі провідники, металеві труби електропроводки, металеві конструкції для прокладки кабелю. Захисне занулення виконують при номінальній напрузі від 42 В до 380 В змінного струму, і від 110 В до 440 В постійного струму при роботах в умовах з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних роботах [36];
- передбачено захист усіх будівель та споруджень за допомогою блискавкоприймальних сіток, покладених на покритті будинків, сітки надійно приєднуються не менш, ніж двома спусками до зовнішнього контуру заземлення.

3. Електрозахисні засоби.

Застосовуються на станції у відповідності до вимог документів [14].

При обслуговуванні оперативним персоналом електроустановок, що знаходяться під напругою (при неможливості їх знеструмити) застосовуються засоби захисту від дії електричного струму:

- засоби колективного захисту – екрани, переносні заземлення, огороження [33];
- засоби індивідуального захисту - гумові рукавички, килимок, боти, підставки, інструмент з ізольованими ручками, покажчиками напруги, оперативні і струмовимірюючі кліщі, штанги [15].

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

На ТЕС вихідними положеннями є:

- автоматизація роботи теплоенергетичного об'єкту;
- відсутність постійних робочих місць безпосередньо біля працюючого устаткування;
- керування технологічним процесом з приміщень щитових, кабін керування.

У зв'язку з цим вимоги з виробничої санітарії розглядаються як для основних виробничих приміщень так і приміщень постійного перебування персоналу.

6.2.1 Мікроклімат

Відповідно до [14] параметри мікроклімату, що нормуються: температура ($t, ^\circ\text{C}$), відносна вологість повітря ($W, \%$), швидкість його переміщення (м/с), потужність теплових випромінювань (Вт/м^2).

Відповідно [14] під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат їх внутрішнього середовища, який визначається діючими на організм людини температурою, вологістю, швидкістю руху повітря та тепловим випромінюванням.

Оптимальні (допустимі) параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт – 2а, роботи середньої тяжкості, з енерговитратами 201..250 ккал/год (233..260 Вт) – роботи, що пов'язані з переміщенням та переносом вантажів до 10 кг, що супроводжуються помірним фізичним напруженням) приведено у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Параметри мікроклімату [15]

Період рок	Оптимальні			Допустимі		
	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	18-25	40-60	до 0,2	< 28	до 75%	0,4
Холодний	16-22	20-60	до 0,1	> 10	до 75%	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Автоматизація технологічних процесів (керування процесом дистанційно з щитів керування, кабін керування та ін.) [15].
2. Видалення тепла та вологи за рахунок вентилявання. Вентиляція головного корпусу здійснюється у літній період шляхом аерації і відсмоктування повітря вентиляторами. Аерація здійснюється шляхом підсмоктування зовнішнього повітря крізь фрамуги по ряду “А” і “Т” та видаленню його крізь ліхтарі на даху. Забір повітря нагнітаючого вентилятора здійснюється в зимовий період ззовні, а в літній час – в верхній частині котельного відділення [14].

3. Опалення головного корпусу у холодний період року здійснюється системою опалення, також передбачене використання тепла, що випромінюється устаткуванням [14].
4. При виконанні робіт біля поверхні обладнання, що має високу температуру, передбачено екранування поверхні теплоізоляційними щитами (екранами).
5. У кабінах керування встановлені кондиціонери повітря [14].
6. У зв'язку з нещільністю топки та газоходів котлів в котельному приміщенні можуть бути локальні викиди шкідливих речовин: окисів вуглецю, азоту, ванадію, сірки. Для захисту передбачається робота під розрідженням.
7. Зменшення виділення теплоти досягається за рахунок ізоляції теплообмінних поверхонь, фарбування покриття спеціальною фарбою, підвищення культури праці.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 [15].

В умовах, що розглядаються в проєкті, можливими забруднювачами повітря можуть бути: вугільний пил; природний газ; CO_x ; оксиди ванадію, сірки, азоту, нікелю та ін.; сажа, зола.

Їх ГДК, мг/м^3 відповідно до [38] дорівнюють:

CO – 1,0/3,0 (середньодобова / максимально добова);

CO_2 – 0,03/ - ; NO_x – 0,085/0.085; NiO – 0.001/ - ;

V_2O_5 – 0,002/ - ; SO_x – 0,15/0,5; Сажа – 0,05/0,15.

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до [10] проєктом передбачені наступні рішення:

1. Вентиляція приміщення.
2. Вологі золоуловлювачі.
3. Золошлаковидалення.
4. Регенеративні повітрепідігрівачі та димососи розташовані поза межами котельного відділення на окремій площадці.
5. Проводиться періодичний контроль складу повітря робочої зони.

6. У випадку аварії забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

6.2.3 Виробниче природне освітлення

Відповідно до [36] природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – (КПО) або e : $KPO = e = \frac{E_{вн}}{E_{зов}} \cdot 100$.

де $E_{вн}$ - внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;
 $E_{зов}$ - зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, заміряна одночасно з $E_{вн}$, лк.

Для умов, що розглядаються в проекті (для котельного відділення, де здійснюється загальне спостереження за ходом виробничого процесу, відповідає розряд зорових робіт – III, система природного освітлення – комбінована, пояс світового клімату - IV), нормативне значення коефіцієнту $e_{сер}^{III}$, для III – го поясу світового клімату дорівнює $e_{сер}^{III} = 1,5\%$ [36]. Для IV світового поясу: $e^{IV} = e^{III} \cdot m \cdot C$, де m і C – відповідно коефіцієнти світового та сонячного клімату.
 $m=0,9$; $C=0,95$; $e^{IV} = e^{III} \cdot m \cdot C = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 1,28\%$.

Для забезпечення нормативного значення $e_{сер}$ передбачено:

1. Забезпечення верхнього природного освітлення приміщення за допомогою ліхтарів прямокутних, світлоаераційних П – образних одноярусних 6х84 мм [36].
2. Для зменшення тепло доступу у приміщення від сонячної радіації, поверхня скла ліхтарів зорієнтована на північ і на південь [10].
3. У котельному відділенні комбінована система природного освітлення, крізь ліхтарі у даху та крізь віконні прорізи у стінах котельного відділення [11].

6.2.4 Виробниче штучне освітлення

Нормується величиною освітленості E в люксах [11].

Для умов, що розглядаються в проекті (розряд робіт – III, під розряд – в, система освітлення – комбінована, тип джерела освітлення – люмінесцентні лампи типу ДРЛ – дугові ртутні, та лампи накаливання).

Величини освітленості робочих місць представлені у таблиці 5.3.

Проектом передбачається природне та штучне освітлення усіх проходів, проїздів, штатних та аварійних виходів із виробничих приміщень, робочих місць експлуатаційного персоналу, контрольно-вимірювальних приладів. Рівень освітлення відповідає діючим нормам. Приміщення котельного відділення у достатній мірі забезпечене денним освітленням, а в нічний час – електричним освітленням [13].

Таблиця 6.3. Величини освітленості робочих місць

Виробничі ділянки	Освітленість E, лк
Котельне відділення, площадка обслуговування котлоагрегату	100
Приміщення щита керування	200
Площадки та сходинок котлів, проходи за котлами	10
Охоронне освітлення	0,5

Передбачено наступні види штучного освітлення:

- робоче освітлення;
- аварійне освітлення;
- місцеве освітлення;
- ремонтне освітлення;
- охоронне освітлення.

Робоче освітлення живиться від напруги 220В, аварійне – від окремих джерел живлення.

У системі робочого освітлення використовуються джерела освітлення - світильники.

Переходи, сходинок – лампи накаливання.

Дороги на території ТЕС – ксенонові лампи.

Для аварійного освітлення використовується частина освітлювальної системи робочого освітлення. При відключенні робочого освітлення аварійне вмикається автоматично. Місьцеве освітлення виконано на 42В, а у особливо небезпечних приміщеннях на 12В, в аварійному режимі – від акумуляторної батареї.

Аварійним освітленням обладнуються в обов'язковому порядку наступні робочі місця:

- місцеві щити та пульти управління;
- майданчики обслуговування вентиляторів та димососів;
- майданчики обслуговування та сходи котлів;
- майданчики обслуговування насосів.

Зовнішнє освітлення основних доріг на майданчику ТЕС виконується ліхтарями і лампами розжарювання на залізобетонних опорах.

У приміщеннях, у які можливе проникнення горючого газу та парів вибухонебезпечних речовин, застосовується освітлювальна арматура у вибухозахищеному виконанні.

Для підтримки постійної напруги в мережі освітлення при коливаннях напруги в мережі живлення головного корпусу передбачається установка стабілізаторів типу СТС – 63/100/0,5 потужністю 63 і 100 кВА.

6.2.5 Виробничий шум

Відповідно до [39] нормуються допустимі рівні звукового тиску $L = 20 \cdot \lg \frac{P_i}{P_0}$, дБ

(P_i – середньоквадратичне значення звукового тиску, Па за період часу, що розглядається, і P_0 – значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц) залежно від частоти, характеру робіт і характеру шуму (нормування за граничними спектрами - ГС), або допустимі рівні звуку $L_A = 20 \cdot \lg \frac{P_{Ai}}{P_0}$, дБА (P_{Ai} – середньоквадратичне значення звукового тиску з урахуванням корекції А шумоміра) залежно від характеру робіт і характеру шуму.

Для умов, що розглядаються в проекті у відповідності до [13] для робочих місць, що знаходяться у котельному відділенні допустимий рівень сили звуку на середньгеометричній частоті 1000 Гц повинен відповідати ПС-75, а рівні звуку L_A не повинні перевищувати 80 дБА – дивись таблицю 5.43.

Таблиця 6.4. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкополосного (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньо геометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку дБ
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Основні виробничі приміщення	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Приміщення щитових, кабін керування	96	83	94	68	63	60	57	55	54	65
Приміщення управління та робочі кімнати	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Для тонального і непостійного шуму допустимі значення L та L_A на 5 одиниць менші.

Джерелами шуму у котельному відділенні являються:

- численні трубопроводи;
- пальники;
- котел;
- шаровий барабанний млин та його привід (електродвигун);
- обладнання гідрозоловидалення.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в котельному відділенні передбачено:

1. Тягодуттєві машини винесені за межі головного корпусу [10].
2. Рациональне розміщення джерел шуму [15].
3. На трубопроводах з підвищеною швидкістю середовища встановлено фіксовані направляючі пристрої. На трубопроводах головних запобіжних клапанів встановлено шумопоглиначі [15].
4. Застосування індивідуальних засобів захисту (наушники, шоломи).
5. На період ремонтів захист від шуму забезпечується встановленням звукопоглинаючих екранів [15].
6. Кабіни керування (постійні місця оперативного персоналу) обладнані звукопоглинаючими стінами та склом.

6.2.6 Виробничі вібрації

Відповідно до [15] нормуються допустимі величини віброшвидкості (м/с) чи віброприскорення (м/с²), або логарифмічні рівні віброшвидкості $L = 20 \cdot \lg \frac{V_i}{V_0}$, дБ (V_i – середньоквадратичне значення віброшвидкості за повний період часу, м/с; $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с – вихідне значення віброшвидкості) залежно від частоти коливань, їх виду (транспортні, транспортно-технологічні, технологічні, вібрації робочого інструменту чи робочих місць), напрямку (X,Y,Z) і часу дії протягом зміни.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, є:

- котел;
- вентилятори;
- насоси;
- трубопроводи;
- шаровий барабанний млин.

Параметри вібрацій не повинні перевищувати [14]:

- по віброшвидкості – 0,0013 м/с;
- по рівню віброшвидкості – 92 дБ.

Можливі параметри вібрації, виходячі з віброхарактеристик устаткування приведені в таблиці 5.5.

Таблиця 6.5. Вібро-характеристики устаткування

Обладнання	Сер. геом. частоти поло	По віброприскоренню				По віброшвидкості			
		м/с ²		дБ		м/с ² ·10 ⁻²		дБ	
		1/3 ок	1/4 ок	1/3 ок	1/4 ок	1/3 ок	1/4 ок	1/3 ок	1/4 ок
Насоси	50	0,42	0,9	62	69	0,15	0,24	92	94
Трубопроводи	16-32	0,3	0,5	53	64	0,25	0,23	90	95

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

1. Усі насоси та їх приводи встановлено на індивідуальних фундаментах з застосуванням вібропоглинаючих матеріалів [14].
2. Приєднання трубопроводів к колекторам передбачено через віброізолюючі площадки у фланцях [11].
3. На трубопроводах передбачена установка компенсаторів [14].
4. На повітроводах передбачені еластичні вставки, прокладки [14].

5. Балансування обертових вузлів (за допомогою балансировочних вантажів, заміна підшипників ковзання на підшипники хитання, де це можливо).
6. Облицювання підлоги віброізолюючими матеріалами [14].
7. У фундаменті котельного відділення встановлені деформаційні шви для зниження загальної вібрації [15].
8. Між вентиляторами та повітроводами встановлено еластичні вставки для запобігання передачі вібрації від агрегату на повітровід [14].
9. Індивідуальні засоби захисту: віброгасячі взуття, рукавички з амортизаційними прокладками [14].

6.2.7 Виробничі випромінювання

У процесі експлуатації обладнання котельного відділення персонал піддається наступним видам виробничих випромінювань [14]:

- інфрачервоне випромінювання – при роботі тепломеханічного устаткування;
- ультрафіолетове випромінювання – при виконанні зварних робіт.

Для інфрачервоного випромінювання нормується інтенсивність теплового випромінювання від нагрітої поверхні тепломеханічного устаткування, освітлюючих приладів, інсоляція (кількість променистої енергії, що випромінюється на 1 см² поверхні за одиницю часу) на постійних робочих місцях, в залежності від опроміненої поверхні тіла робітника, категорії робіт, що виконуються, тривалості впливу.

Технічні рішення щодо попередження шкідливого впливу випромінювання на працюючих:

1. Температура поверхні котлоагрегату (як найбільшою за розмірами у котельному відділенні) не повинна перевищувати 50°C, а іншого обладнання 45°C, що досягається застосуванням теплоізоляції.
2. Автоматизація технологічних процесів, дистанційне керування, що дає змогу вивести персонал із зон шкідливого впливу випромінювань [15].
3. Робочі зони при необхідності екранують для захисту від випромінювання.
4. Для підтримання нормального сольового балансу у організмі працівників встановлено автомати газованої води з додаванням солі.

Таблиця 6.6. Класифікація умов праці в залежності від інтенсивності інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання

Умови праці	Характеристики робіт за ступенем випромінювання	
	Інфрачервоного	Ультрафіолетового
Нормальні	Опромінення до 0,5 кал/см ² хв у північному і середньому кліматичних поясах і до 1 кал/см ² хв у південному кліматичному поясі	Процеси, при яких працюючі піддані неактивному ультрафіолетовому випромінюванню (довжина хвилі 0,38...0,32 мк)
Несприятливі	Опромінення до 7 кал/см ² хв незалежно від кліматичного поясу	Процеси, при яких працюючі піддані активному ультрафіолетовому випромінюванню (довжина хвилі <0,32 мк) при наявності неповного захисту (щитки, екрани та ін.)
Особливо несприятливі	Опромінення більш 7...8 кал/см ² хв незалежно від кліматичного поясу	Процеси, при яких працюючі піддані активному ультрафіолетовому випромінюванню (довжина хвилі <0,32 мк) при відсутності захисту

6.3.1 Дії персоналу при ліквідації аварії

Одними з основних складових ПЛАС є розробка дій персоналу при аварійних ситуаціях, а також розробка технічних рішень та організаційних заходів з пожежної безпеки.

1. Аварійною ситуацією є зміна в нормальній роботі обладнання, яке створить загрозу виникнення аварії. Ознаки аварії визначаються галузевим нормативно-технічним документом.

2. Важливою умовою безаварійної роботи є збереження персоналом спокою при зміні режиму або виникненні неполадок, дисципліноване і свідоме виконання вказівок інструкцій та розпоряджень старшого персоналу, недопущення суєти, розгубленості, втручання в роботу сторонніх осіб і порушення єдиноначальності в зміні.

3. При виникненні аварійної ситуації експлуатаційний персонал вживає заходів по локалізації та ліквідації положення, що створилося, забезпечивши безпеку для людей і обладнання.

4. Всі перемикання в аварійних ситуаціях виконується оперативним персоналом у відповідності з інструкціями організації при обов'язковому застосуванні всіх захисних засобів.

5. При ліквідації аварії оперативний персонал проводить необхідні операції з релейним захистом і автоматикою відповідно до інструкцій організації.

6. Оперативний персонал контролює роботу автоматики; переконавшись в її неправильних діях, переходить на ручне управління. У роботу захистів оперативний персонал не втручається, і лише при відмові дії захисту персонал виконує її функції.

7. Розпорядження, що віддаються оперативному персоналу, повинні бути короткими і зрозумілими. Віддаючий і приймаючий команду повинні чітко уявляти порядок виробництва всіх намічених операцій і допустимість їх виконання за станом схеми і режиму обладнання. Отримана команда повторюється виконуючим її. Виконанню підлягають тільки ті розпорядження, які отримані від безпосереднього керівника, особисто відомого особі, яка отримує розпорядження.

8. Експлуатаційний персонал реєструє всі обставини виникнення аварії в установленому порядку.

9. Ліквідація аварії на електростанції здійснюється персоналом, що знаходиться в зміні, під безпосереднім керівництвом начальника зміни електростанції. Ліквідацією аварії в цеху керує начальник зміни цеху, а на енергоблоці - старший машиніст енергоблока.

10. Персонал усіх ступенів, що знаходиться на чергуванні, при виникненні аварійної ситуації та ліквідації аварії: складає загальне уявлення про те, що трапилося, за показниками приладів, сигналізації, телесигналізації і за зовнішніми ознаками; усуває небезпеку для персоналу та обладнання, аж до відключення останнього, якщо в цьому з'являється необхідність; не втручається в роботу автоматичних пристроїв, якщо це не передбачено інструкцією; забезпечує нормальну роботу основного обладнання, що залишився в роботі, а також механізмів в. п. електростанції; з'ясовує місце, характер і обсяг ушкодження і відключає пошкоджене обладнання.

11. Про кожну операцію по ліквідації аварії повідомляють вищестоящому оперативному персоналу, не чекаючи опитування. Керівництво цеху і електростанції сповіщають про подію та про вжиті заходи після проведення тих операцій, які слід виконувати негайно.

12. При ліквідації аварії всі розпорядження диспетчера енергосистеми з питань, що входять у його компетенцію, виконуються негайно, за винятком розпоряджень, виконання яких може становити загрозу для безпеки людей і збереження устаткування.

Якщо розпорядження диспетчера енергосистеми представляється підлеглому персоналу помилковим, начальник зміни електростанції вказує на це диспетчеру. У випадку підтвердження диспетчером свого розпорядження начальник зміни електростанції його виконує.

13. Про виникнення аварії керівництво електростанції і персонал основних цехів повідомляються телефоністкою по вказівкою начальника зміни електростанції і по радіомережі у відповідності з інструкцією організації.

14. В аварійній ситуації оперативний персонал забезпечується першочерговий зв'язком, а в разі потреби за його вимогою перериваються інші переговори.

15. Диспетчер енергосистеми терміново інформується начальником зміни електростанції про виникнення аварії.

16. Начальник зміни електростанції під час ліквідації загальностанційної аварії знаходиться, як правило, в приміщенні головного (центрального) щита управління, а йдучи з нього, вказує своє місцезнаходження.

17. Начальники змін теплових цехів і старші машиністи енергоблоків під час ліквідації аварії знаходяться, як правило, на своїх робочих місцях (блокових або групових щитах управління) і вживають усі заходи, спрямовані на підтримку нормальної роботи обладнання, не допускаючи розвитку аварії в цих цехах (на енергоблоках). Начальники змін цехів, залишаючи робоче місце, вказують своє місцезнаходження.

18. Місцезнаходження начальника зміни електроцеху при ліквідації аварії визначається сформованими обставинами, про що він повідомляє начальника зміни електростанції (НЗС) і персонал центрального щита управління (ЦЩУ).

19. Місцезнаходження чергового підстанції при ліквідації аварії визначається конкретними обставинами. Про місцезнаходження він повідомляє вищестоящому оперативному персоналу.

20. Під час ліквідації аварії персонал, що безпосередньо обслуговує обладнання, залишається на робочих місцях, приймаючи всі запобіжні до збереження обладнання в роботі, а якщо це неможливо - до його відключення. Йдучи, персонал повідомляє про своє місцезнаходження вищестоящому оперативному персоналу. Залишати робоче місце можна тільки:

- при явній небезпеки для життя;

- для надання першої допомоги потерпілому при нещасному випадку;
- для вжиття заходів щодо збереження цілісності обладнання;
- за розпорядженням особи, яка керує ліквідацією аварії.

21. Персонал зміни, на обладнанні якого режим не був порушений, посилює контроль за роботою обладнання, уважно стежить за розпорядженнями керівника ліквідації аварії і готовий до дій у разі поширення аварії на його ділянку, а за відсутності зв'язку - керується вказівками експлуатаційної та посадової інструкції.

22. Персонал, який не має постійного робочого місця (обхідники, чергові слюсарі, резервний персонал та ін.), при виникненні аварії негайно надходить у розпорядження безпосереднього керівника і за його вказівкою бере участь у ліквідації аварії.

23. Приймання і здача зміни під час ліквідації аварії не проводяться; прибувши на зміну оперативний персонал використовується на керівника ліквідацією аварії. При аварії, яка вимагає тривалого часу для її ліквідації, допускається здача зміни з дозволу старшого оперативного чергового.

24. Після ліквідації аварії керівник ліквідацією аварії, забезпечує збір пояснювальних записок, рапортів персоналу, що брав участь у ліквідації аварії, очевидців аварії, складає повідомлення про аварію за встановленою формою, організовує розбір аварії з персоналом, які брали участь в її ліквідації, та іншими особами, необхідними для з'ясування причин аварії та визначення заходів по відновленню нормального положення на електростанції (у цеху, на енергоблоці).

25. Начальник зміни електростанції крім повідомлення про аварії та порушення режиму на самій електростанції ставить до відома диспетчера енергосистеми також про наступні порушення: про автоматичні включення, відключення, зникнення напруги, перевантаження і різкі зміни режиму роботи транзитних ліній електропередачі і трансформаторів, за якими здійснюється зв'язок електромереж різних напруг, про виникнення несиметричних режимів на генераторах, лініях електропередачі, трансформаторах, різкому зниженні напруги в контрольних точках, перевантаження генераторів і роботі АВР, виникненні хитань, зовнішніх ознаках коротких замикань як на електростанції, так і поблизу неї, про роботу захистів на відключення, роботі АВР, АПВ, ЧАПВ, режимної автоматики, про відключення генеруючого обладнання.

26. Оперативний персонал електростанції може самостійно виконувати роботи з ліквідації аварії з наступним повідомленням вищого оперативного персоналу незалежно від наявності або втрати зв'язку з відповідним диспетчером (начальником зміни).

Втратою зв'язку вважається не тільки порушення всіх видів зв'язку, але і неможливість протягом 2 - 3 хв. зв'язатися з вищестоящим оперативним персоналом через його зайнятість, поганий чутності і перебоїв у роботі зв'язку. Поряд з діями по ліквідації аварії необхідно вжити всі заходи для відновлення зв'язку.

27. В інструкції організації вказуються операції, які оперативний персонал проводить самостійно при втраті зв'язку, а також операції, самостійне виробництво яких забороняється.

28. Оперативний персонал незалежно від присутності осіб адміністративно-технічного персоналу несе особисту відповідальність за ліквідацію аварії, одноосібно приймаючи рішення і здійснюючи заходи щодо відновлення нормального режиму. Розпорядження керівників енергооб'єднання, електростанції, інших організацій та їх підрозділів відповідному оперативному персоналу з питань, що входять до компетенції вищого оперативного персоналу, виконуються лише за погодженням з останнім.

29. Всі оперативні переговори з моменту виникнення аварії до її ліквідації записуються на магнітофон або жорсткий диск комп'ютера.

30. Начальники та фахівці, працівники цехів, що знаходяться на електростанції під час аварії, беруть участь у її ліквідації, надаючи допомогу оперативному персоналу, включаючи оцінку ситуації і прийняття оптимального рішення.

31. Головний інженер електростанції може усунути від керівництва ліквідацією аварії начальника зміни електростанції, не справляється з ліквідацією аварії, прийнявши керівництво ліквідацією аварії на себе або доручивши його іншій особі. Про заміну необхідно повідомити диспетчера енергооб'єднання і підпорядкований оперативний персонал.

32. Начальник цеху або його заступник може усунути від керівництва ліквідацією аварії начальника зміни відповідного цеху, не справляється з ліквідацією аварії, прийнявши керівництво зміною на себе або доручивши його іншій особі. Про заміну необхідно повідомити начальника зміни електростанції та оперативний персонал зміни.

33. Працівник, який прийняв керівництво ліквідацією аварії на себе, незалежно від посади приймає всі обов'язки відстороненого від керівництва працівника і

оперативно підпорядковується вищестоящому керівнику. Передача керівництва ліквідацією аварії оформляється записом в оперативному журналі. Персонал, відсторонений від ліквідації аварії, залишається на своєму робочому місці і виконує розпорядження і вказівки працівника, який прийняв на себе керівництво ліквідацією аварії.

34. Під час ліквідації аварії на щиті управління електростанції (енергоблока) мають право перебувати лише особи, які безпосередньо беруть участь у ліквідації аварії, та особи з числа керівного адміністративно-технічного персоналу. Список останніх затверджується головним інженером електростанції і вивішується при вході на щит.

6.3.2 Пожежна безпека

Однією з основних складових ПЛАС є розробка технічних та організаційних заходів з пожежної безпеки.

Небезпека виникнення пожежі на ТЕС пов'язана з наявністю великої кількості горючих речовин (пальне, масло, системне змащування), розгалудженого кабельного господарства з великими струменевими навантаженнями, високих температур теплоносіїв та вихідних газів, поверхні тепломеханічного устаткування, водню в системі охолодження генератора і т. ін.

У відповідності з вимогами будівельних норм і правил [15], та у зв'язку від характеру речовин, що використовуються у виробництві та їх кількості, котельне відділення відноситься до виробництва категорії Г, вогнестійкість будівель характеризується 2-им ступенем вогнестійкості.

Виходячі з пожежонебезпечних властивостей речовин, що застосовуються у приміщеннях, до пожежонебезпечних відносяться:

- мазут марки М-100, що відноситься до групи горючих рідин (ГР), $t_{всп}=100...140$ °С;
- природний газ, група ГГ (горючі гази), $t_{всп}=550...750$ °С, $\kappa_H=3\%$, $\kappa_B=15\%$;
- трансформаторне масло, група ГР (горючі рідини), $t_{св}=300$ °С, $t_{всп}=135$ °С, $t_H=122$ °С, $t_B=163$ °С;

– турбінне масло, група ГР (горючі рідини), $t_{св}=400^{\circ}\text{C}$, $t_{всп}=184^{\circ}\text{C}$, $t_{н}=148^{\circ}\text{C}$, $t_{в}=182^{\circ}\text{C}$;

– водень, група ГГ (горючі гази), $t_{св}=510^{\circ}\text{C}$, $\kappa_{н}=4\%$, $\kappa_{в}=75\%$.

Архітектурно-будівельні рішення прийняті, виходячи з того, що ступінь вогнетривкості котельного відділення – III А, відповідно до [15].

Приміщення об'єкту відносяться до наступних категорій:

Таблиця 6.7. Категорії приміщень ТЕС по пожежній небезпеці [15]

Назва приміщення	Категорія по пожежній небезпеці	Ступінь вогнестійкості	Клас по ПУЕ
1	2	3	4
Головний корпус	Г	II	-
Турбінне, котельне відділення	Г	II	-
Дробарні будівлі для вугілля	В	II	II-II
Приймально – зливні пристрої мазуту	В	II	В-Iг
Електролізерна (воднева) установка	А	II	В-Iа
Етажерка електротехнічних приміщень	В	II	-
Щит керування	Д	II	-
ГРП	А	II	В-Iа
ХВО	Д	II	-
ВРП – 110 - 330кВ	В	II	II-I

На ТЕС передбачається комплекс заходів, що передбачають як профілактику, так і спеціальні системи для знаходження і гасіння пожежі [15]. Протипожежна профілактика забезпечується дотриманням норм і правил пожежної безпеки.

Система заходів протипожежного захисту направлена на обмеження розповсюдження пожежі, захисту людей та матеріальних цінностей від дії шкідливих та небезпечних факторів, створення умов для попередження пожеж.

У відповідності до вимог норм [15] та в залежності від характеру речовин, що використовуються у виробництві та їх кількості ТЕС відноситься до категорії Г, вогнестійкість будинків та будівель характеризується 2-ою ступінню вогнестійкості.

6.3.3 Автоматичні установки сигналізації та пожежогасіння

Влаштування приміщень автоматичними установками пожежегасіння здійснюється у відповідності з [14]. В якості вогнегасного засобу застосовується розпилена вода. Установкою автоматичного водяного пожежегасіння захищаються кабельні приміщення, маслогосподарства. На розподільчій мережі АПГ кабельних приміщень встановлюються зрошувачі ДВ-10; для гасіння трансформаторів і масло господарства застосовані зрошувачі ОПДР-15.

6.3.4 Протипожежний водопровід

Відповідно “Інструкції по проектуванню протипожежного захисту енергетичних підприємств” РД 34.49.101-84 та СНиП 2.04.09-84 “Протипожежна автоматика будівель та споруд” в приміщеннях котельного відділення передбачається створення системи автоматичного водяного пожежегасіння, для цього передбачається створення протипожежного водопроводу. При цьому:

- розрахункові витрати води – 68,2 л/с; 245,5 м³/год;
- потрібний тиск води у системі – 6,5 кгс/см²;
- згідно з вимогами норм передбачається окремий протипожежний водопровід високого тиску;
- протипожежний водопровід забезпечує зовнішнє пожежогасіння і одночасну дію внутрішніх пожежних кранів, лафетних стволів та стаціонарних установок автоматичного пожежегасіння;
- зовнішня мережа протипожежного водопроводу проектується кільцевою.

Зовнішнє та внутрішнє пожежегасіння котельного відділення забезпечується від мережі виробничого протипожежного водопроводу проммайданчика за допомогою насосів Д-630-90 та насосами ЕЦВ-12-160-100, встановлених у центральній насосній станції технічного водопостачання.

Протипожежні гідранти виконані у відповідності з [13], пожежні крани у котельному та машинному відділеннях розташовані на основних відмітках обслуговування для інших приміщень – в опалювальних сходових клітин і в коридорах.

На ТЕС застосовуються наступні види пожежегасіння:

- хімічне: пінне – для гасіння пожеж у апаратній маслогосподарства;
- повітряно – механічне: пінне – для гасіння складу мазуту;
- порошкові – для швидкого гасіння при займанні насосів, маслобаків.

Крім того, використовуються первинні засоби пожежегасіння:

- вуглекислотні ОУ – 2, ОУ – 4; - пісок;
- порошкові; - ковдри.

6.3.4 Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення

При перетинанні повітропроводами огорожувальних конструкцій приміщень категорії В на них встановлюються протипожежні клапани. Транзитні повітропроводи покриваються протипожежною ізоляцією.

Рішеннями генплану передбачається створення необхідних протипожежних розривів між будівлями та спорудами, передбачено необхідні проїзди.

Будівлі виконані з незгораємих матеріалів. Площина засклення складає не менш 30% площини найбільшої стіни будівлі. Плетіння вікон металеве; підвіконня нахилені під кутом не менш 60° до горизонталі, пофарбовані чи облицьовані плиткою. Стіни гладкі, пофарбовані у світлі тона. Місця можливого накопичення пилу – доступні для прибирання. Підлога та стіни пристосовані для пило збирання.

Для захисту від прямих ударів блискавки передбачається виконання блискавкозахисних заходів.

Автоматичні пожежні сповіщувачі, передбачені проектом, вибрані з врахуванням можливості раннього викриття пожежі, умов навколишнього середовища, місця їх розташування, а також забезпечення зручності їх експлуатації. Пожежонебезпечні приміщення розділені протипожежними перегородками 1 типу з вогнестійкістю 0,75 години. Виведення сигналу від приймально-контрольних приладів установок автоматичного пожежегасіння та пожежної сигналізації передбачається здійснити на пульт централізованого нагляду пожежної охорони ТЕС.

В архітектурно-планувальних рішеннях будівлі передбачаються евакуаційні виходи, в тому числі аварійні, згідно з вимогами СНиП 2.01.02-85 “Протипожежні норми” та СНиП 2.09.02-89 “Виробничі будівлі”.

Головний вхід в будівлю служить основним евакуаційним виходом із будівлі.

Для евакуації з площадок обслуговування котлоагрегату на відмітку 0,00 служать місцеві численні сходи.

На шляхах евакуації з приміщення передбачені протипожежні двері ІІІ типу з межою вогнестійкості 0,6 години.

На відмітці 0,00 для евакуації з котельної зали передбачаються два виходи: штатний та аварійний.

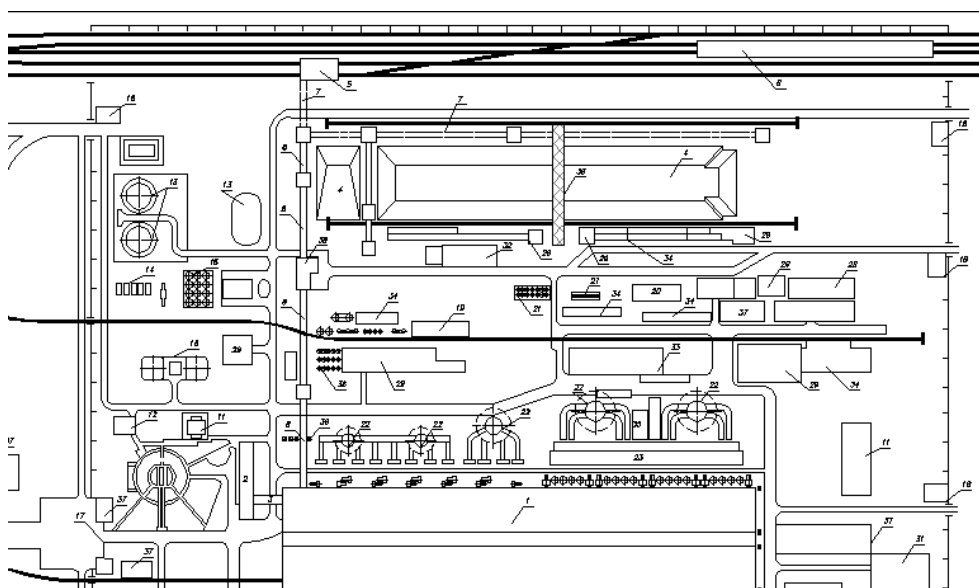


Рис. 6.1 План евакуації

ВИСНОВКИ

Ефективність біомаси як джерела енергії обумовлена легкістю її одержання та швидким поновленням запасів. Швидкоростучі рослини та біовідходи сільського, лісового, комунального господарств та промисловості створюють потужну сировинну базу для газифікації, що може служити підставою для планування мереж низової енергетики, що включає газогенератори, двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) та котли. Щорічна здатність цієї сировинної бази до поновлення визначає стійкість створеної на її основі енергетичної системи.

Енергетичні аргументи на користь використання біомаси: різноманітні, досить прості, без зайвих трудовитрат, методи одержання

енергії з біомаси; біомаса може вироблятися і використовуватися без значних технологічних інвестицій; накопичена у біомасі енергія є найменш капіталомістким джерелом відновлюваної енергії; виробництво біопалив з біомаси надає додаткові робочі місця, що особливо важливо для сільських територій; використання біомаси поліпшує паливний баланс регіону.

Для визначення граничних умов паропродуктивності котла були проведені тепловий розрахунок на основі використання 100% кукурудзи та деревини. Розрахунок показав, що проектна паропродуктивність 950 т/год зменшується до 589 т/год і 347 т/год для кукурудзи і деревини відповідно.

В обох випадках при сумісному спалюванні кукурудзи чи деревини з вугіллям майже однаково підвищується втрата теплоти з відхідними газами q_2 . Це пов'язано з тим, що змінюється склад продуктів спалювання, а також зменшення ентальпії відхідних газів $I_{\text{відх.г.}}$ у частині газового тракту.

Встановлено, що нормативне значення втрат теплоти з механічним недопалом q_4 , для біомаси нижче, ніж для антрациту. У випадку сумісного спалювання q_4 має тенденцію до зниження. Це підтверджується тим, що додавання частки високореакційного палива з одиничним зменшенням частки антрациту приведе до зниження втрат з механічним недопалом за рахунок інтенсифікації прогріву і горіння в зоні займанням.

У не значній мірі, проте втрата теплоти зі шлаком q_6 також зменшується, у зв'язку з тим що у складі палива біомаси значно низький відсоток зольності у порівнянні з антрацитом, тому при збільшенні частки суміші біомаси – відповідно втрати теплоти зі шлаком стають менші.

Внаслідок того, що q_2 та q_6 зменшуються, ККД котла – зростає.

При сумісному спалюванні антрациту з біомасою з 25%-м вмістом біомаси, паропродуктивність обмежується всього лиш на 10%, що є допустимим значенням, виходячи з того, що середнє навантаження енергоблоків ТЕС в даний час підтримується на рівні 80% від номінальної.

Результати розрахунків показують, що при додаванні долі біомаси, як відходів кукурудзи так і деревини, зростає не тільки економія у паливі, але й деякі технічні показники. Внаслідок цього ККД котла зростає від 0,05% до 0,28%, але втрати тепла з механічним недопалом та втрати тепла із-за видалення золи і шлаку

у топці зменшуються, що призведе до зменшення процесів шлакування поверхонь то більшого терміну експлуатації.

З техніко-економічного розрахунку було виявлено, що кукурудза переважає по економічних витратах ніж деревина, майже у 10 000 грн/год, проте враховуючи те, що проектна вихідна потужність зменшуються при спалюванні суміші, тому недовироблення електроенергії при максимальній відсотковій суміші біомаси 25% зменшується до 271,5 МВт і 253,2 МВт для кукурудзи і деревини відповідно. Однак, допускається що, недовироблення електроенергії може досягати не вище 10% від проектної потужності (300 МВт), тому можна зробити висновок що найбільш оптимальним відсотком суміші біомаси складає – 15%, з вихідною потужністю у 272,2 МВт.

Використання частки палива з великим виходом летючих дозволяє знизити вірогідність використання підсвітки топки природним газом при зниженні якості основного палива.

Процес сумісного спалювання не потребує унікальної схеми пилоприготування та пилоподачі палива. За допомогою аналізу європейського та вітчизняного досвіду сумісного спалювання були виконані принципові ідеї схеми паливоприготування, що є сумісною з існуючою схемою пилеприготування енергобоку ТЕС, що працює на антрациті. Зазначена схема передбачає подачу частки біомаси безпосередньо у пальники.

Проведені розрахунки показують економічну доцільність технології спільного спалювання вугілля і біомаси на діючих пиловугільних котлоагрегатах. В той самий час остаточне визначення оптимального співвідношення часток сумісних палив повинно бути встановлення шляхом проведення промислового експерименту та перевірки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Тепловой расчет промышленных парогенераторов. / Под ред. В.И. Частухина. – Киев: Вища шк., 1980. – 184 с.
2. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с.
3. Компоновка и тепловой расчет парового котла: Учеб. пособие для вузов/ Ю.М. Липов, Ю.Ф. Самойлов, Т.В. Виленский. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
4. Расчет паровых котлов в примерах и задачах: Учеб. пособие для вузов/ А.Н. Безгрешнов, Ю.М. Липов, Б.М. Шлейфер; Под общ. ред. Ю.М. Липова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
5. Методические указания "Расчет объемов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания для смеси топлив с применением ЭВМ" по курсу "Котельные установки промышленных предприятий". / Сост.: А.А. Соловьев, В.Н. Евченко. – Мариуполь: ММИ, 1991. – 17 с.
6. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу "Котельные установки промышленных предприятий" для студентов специальности (7.090510)/ Сост.: А.А. Соловьев, В.М. Житаренко – Мариуполь: ПГТУ, 1998. – 40 с.
7. НАОП 1.1.10-4.03-90. Положення про розробку типової інструкції з охорони праці для робітників енергопідприємств, зайнятих обслуговуванням енергообладнання.
8. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу "Котельные установки промышленных предприятий" для студентов специальности (7.090510)/ Сост.: А.А. Соловьев, В.М. Житаренко – Мариуполь: ПГТУ, 1998. – 40 с.

10. НАОП 1.1.10-4.03-90. Положення про розробку типової інструкції з охорони праці для робітників енергопідприємств, зайнятих обслуговуванням енергообладнання.
13. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні.
14. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
15. ДБН В.1.1.– 7– 2002 Збірник 7. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єкта.
16. Сільське господарство України. Статистичний збірник 2012. Державна служба статистики України [на укр. яз] <http://www.ukrstat.gov.ua/>
17. Дунаєвська Н.І., Засядько Я.І., Шупік І.С., Щудло Т.С. Огляд технологій спільного спалювання біомаси і вугілля в пиловугільних топках // Энерготехнологии и ресурсосбережение, 2007, № 3, с. 3—8.
18. Dunaievskia N., Chernyavskiy M., Shchudlo T. Co-combustion of solid biomass in pulverized anthracite-coal firing boilers // Ukrainian Food Journal, 2016, Vol. 5, p. 748-64.
19. "ООО УКРРЕСУРС." Якісне вугілля марок Антрацит, Т і ДГ з доставкою по Києву і області [Електронний ресурс] / "ООО УКРРЕСУРС." // Kievugol.com.ua – 2018. – Режим доступу:
http://kievugol.com.ua/?gclid=Cj0KCQjwv73VBRCdARIsAOnG8u2seQ8axI3PnCHCGM-e_wxtWeaV95To480NAEuJhC6_uq3c9-Y8fcgaAmQEEALw_wcB
20. Agro-Ukraine. Дошка агро оголошень України. [Електронний ресурс] / Agro-Ukraine. // agro-ukraine.com – 2018. – Режим доступу:
<http://agro-ukraine.com/ua/trade/m-404537/kukurudza-vidkhodi/>
21. «Гібридна війна в Східній Європі. Невоєнний вимір. Енергетичний компонент». Центр глобалістики| «Стратегія XXI», М.Гончар, А.Чубік, О.Іщук, [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. // <http://geostrategy.org.ua> – 2018. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1890/>

22. Для отопительного сезона надо закупить 4 млн т антрацита - Демчишин РИА Новости Украина, [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень // <http://rian.com.ua/economy/20150622/369381723.html> – 2018. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1890>

23. ДП НЕК «Укренерго», Заява для преси, 24 липня 2015, [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень // <http://www.niss.gov.ua> – 2018. – Режим доступу:

<http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/Pages/ua/DetailsNew.aspx?nID=873>

24. Климчук О.В., Скорук О.П. Перспективні напрямки вирощування кукурудзи для використання на енергетичні потреби. Серія: Економічні науки, 2011, № 1 (48), с.67-73 ua / Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. [Електронний ресурс] // – 2018. – Режим доступу:

<http://econjournal.vsau.org/files/pdfa/263.pdf>

25. Климчук О.В. Эффективность комплексного использования кукурудзы в биоэнергетики, Выпуск 19, 2013, с. 150-154 [Електронний ресурс] / Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. // – 2018. – Режим доступу:

<http://www.bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/150.pdf>

26. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) /Под ред. Н.В.Кузнецова, В.В.Митора, И.Е.Дубовского, И.С.Карасиной. Изд. Третье, перераб. и доп. – Санкт-Петербург: НПО ЦКТИ-ВТИ, СПб, 1998. – 256 с.

ДОДАТОК А

РОЗРАХУНКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

теплових розрахунків сумісного спалювання кукурудзи та вугілля у співвідношенні заміни вугілля на - 5%, 10%, 15%, 20% та 25%

Тепловий розрахунок у відношенні 5% - кукурудзи, та 95% - вугілля приведений в табл. 1-7.

Табл. 1 – Елементарний склад суміші кукурудзи та антрациту

Q^p_n , кДж	W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p	V^{def}	t_A	t_B	t_C
23123	6	24	2	64	2	1	2	10	1040	1220	1300

Табл. 2 – Теоретичні об'єми газів

Величина	Формула	Результат, м ³ /м ³
Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного спалювання палива	$V^0 = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p$	6,283
Теоретичний об'єм азота	$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,008 \cdot N^p$	5,057

Теоретичний об'єм трьохатом-них газів	$V_{RO_2} = 0,01866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p)$	1,200
---------------------------------------	--	-------

t, °C	I ⁰ _{пов} , кДж/кг	I ⁰ _г , кДж/кг	Частини газового тракту і коефіцієнти надлишку повітря											
			Топка		Пароперегрівач I		Пароперегрівач II		Водяний економізатор		Повітряпідігрівач		Вихідні гази	
			α=	1.2	α=	1.215	α=	1.23	α=	1.25	α=	1.3	α=	1.4
			I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI
100	831	925									1175		1258	
200	1673	1875									2377	1202	2544	1286
300	2530	2852									3611	1234	3864	
400	3403	3860							4711		4881	1270		
500	4297	4746							5820	1109	6035			
600	5212	5949	6992		7070				7252	1432	7513			
700	6154	7033	8264	1272	8356	1286	8449		8572	1319	8879			
800	7101	8147	9567	1303	9673	1317	9780	1331	9922	1350	10277			
900	8047	9287	10896	1329	11017	1343	11138	1358	11299	1377	11701			
1000	9020	10437	12241	1345	12376	1360	12512	1374	12692	1394				
1100	10020	11592	13596	1355	13747	1370	13897	1385	14097					
1200	11019	12755	14958	1362	15124	1377	15289	1392						
1300	12018	13942	16345	1387	16526	1402	16706							
1400	13044	15155	17764	1418	17959	1434								
1500	14070	16350	19164	1401	19375									
1600	15095	17567	20586	1422	20813									
1700	16121	18791	22015	1429	22257									
1800	17147	20016	23446	1431	23703									
1900	18199	21263	24903	1457										
2000	19251	22497	26347											
2100	20303	23750												
2200	21354	25006												
Теоретичний об'єм водяної пари							$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^0$					0,433		
Теоретичний об'єм продуктів згорання							$V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$					6,689		

Таблиця 3 – Дійсні об'єми газів та об'ємні долі газів

Назва величини та розрахункова формула	Топка	Пароперегрівач		Водяний економізатор	Повітря- підігрівач	Вихідні гази
		I	II			
Коефіцієнт надлишку повітря α_i	1.2	1.215	1.23	1.25	1.3	1.4
Середній коефіцієнт надлишку повітря поверхні нагріву $\alpha_{cp} = 0,5 \cdot (\alpha_{i-1} + \alpha_i)$	1.2	1.2075	1.2225	1.2400	1.2750	1.3500
Дійсний об'єм водяних парів $V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \left[\frac{M^3}{M^3} \right]$	0.4528	0.4535	0.4550	0.4568	0.4603	0.4679
Повний об'єм газів $V_g = V_g^0 + 1,0161(\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \left[\frac{M^3}{M^3} \right]$	7.9458	7.9930	8.0872	8.1971	8.4170	8.8882
Об'ємна частка RO_2 $r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_g}$	0.1510	0.1501	0.1484	0.1464	0.1426	0.1350
Об'ємна частка H_2O $r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_g}$	0.0570	0.0567	0.0563	0.0557	0.0547	0.0526
Сумарна частка RO_2 та H_2O $r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	0.2080	0.2069	0.2047	0.2021	0.1973	0.1877

Таблиця 4 – Частини газового тракту і коефіцієнти надлишку повітря

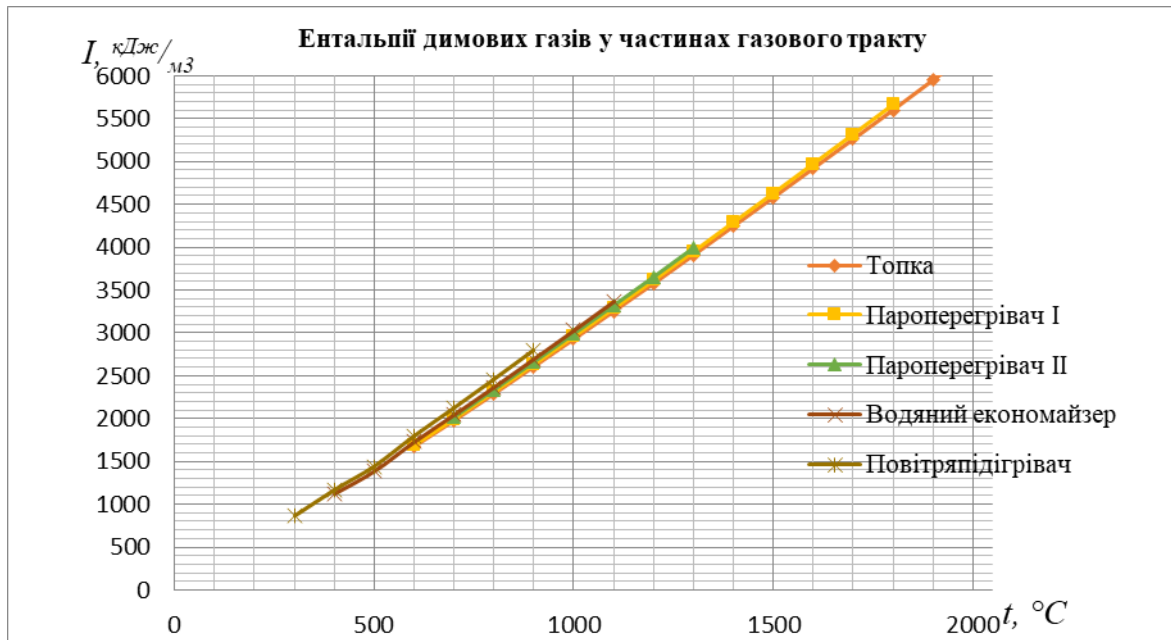


Рис. 1 – Ентальпії димових газів у частинах газового тракту

Таблиця 5 – Тепловий баланс котла

Розрахункові величини	Позначення	Розмірність	Формула/пояснення	Розрахунок
Теплота палива	Q_p^p	кДж/кг	Q_n^p	23121
Температура відхідних газів	ϑ_{yx}	°C	Прийнята	120
Ентальпія	I_{yx}	кДж/кг		1515
Температура холодно повітря	$t_{x,пов.}$	°C	Прийнята по п. 5-03	30
Ентальпія	$I_{x,в}^0$	кДж/кг	По I- ϑ -таблице	215
Втрати тепла:				
від хімічного недопалу	q_3	%	По табл. XVIII	0
від механічного недопалу	q_4	-	-	3.9
з відхідними газами	q_2	-	$\frac{(I_{yx} - a_{yx} I_{x,в}^0) (100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.22
в наколишне серидовище	q_5	-	По п. 5-10	0.2
Для золи палива в шлаку	$\alpha_{шл}$	-	$(1 - a_{yx})$ по табл. XVIII	0.2
Температура рідкого шлаку	$t_{шл}$	°C	$t_3 + 100$	1400
Ентальпія золи	$(c\vartheta)_{зл}$	кДж/кг	По табл. XIII	1670
Втрати з теплом шлаку	q_6	%	$\frac{\alpha_{шл} (c\vartheta)_{зл} A_p}{Q_n^p}$	0.34
Сумма теплових втрат	Σq	-	$\frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{100 - \Sigma q} \cdot 100$	9.67
ККД котельного агрегата	$\eta_{к.а.}$	-		90.33
Тиск перегрітого пару за котельним агрегатом	$p_{п.п.}$	Па	Задано	2500
Температура там же	$t_{п.п.}$	°C	$\frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{100 - \Sigma q} \cdot 100$	565
Ентальпія	$i_{п.п.}$	кДж/кг	По табл. XXVII	3383
Витрата вторинного пару	$D_{вт}$	т/г	Задано	800
Ентальпія	$i_{п.в.}$	кДж/кг	По табл. XXVII	1134
Температура живильної води	$t_{ж.в.}$	°C	Задано	260
Тиск на вході в котельний агрегат	$p'_{в.т.}$	Па	Задано	382,4
Температура там же	$t'_{в.т.}$	°C	-	307
Ентальпія	$i'_{вт}$	кДж/кг	По табл. XXV	2985

Тиск вторинного пару на виході з котельного агрегату	$p''_{в.т}$	Па	Задано	362,8
Температура там же	$t''_{в.т}$	°С	Задано	570
Ентальпія	$i''_{вт}$	кДж/кг	По табл. XXV	3607
Тепло корисно використовуване в агрегаті	$Q_{к.в.}$	МДж/г	$D(i_{п.п}-i_{п.а}) + D_{вт}(i''_{вт}-i'_{вт})$	2594379
Повна витрата палива	B	кг/год	$\frac{Q_{к.в.} \cdot 100}{Q_p^{р_{п.а}}}$	124192
Розрахункова витрата	B_p	-	$B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$	119348
Коефіцієнт збереження тепла	ϕ	-	$1 - \frac{q_4}{q_{к.а} + q_4}$	0.998

Таблиця 6 – Розрахунок топки котла

Коефіцієнт надлишку повітря в топці	$\alpha_{т}$	-	По п. 4-14 і по табл. XVIII	1.20
Присос повітря в системі пилеприготування	$\Delta\alpha_{пл}$	-	По табл. XVI	0.04
Температура гарячого повітря	$t_{г.пов.}$	°С	Прийнята завчасно	337
Ентальпія	$I_{г.в}^0$	кДж/кг	$(\alpha_{т} - \Delta\alpha_{пл}) I_{г.в}^0 + \Delta\alpha_{пл} I_{х.в}^0$	2511
Тепло, забираюче повітрям в топку	Q_v	-	По I-й таблиці	698
Корисне тепловиділення в топці	Q_t	-	$Q_p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_{4,пл}}{100 - q_4} + Q_v$	6202
Теоретичная температура горіння	ϑ_a	°С	По I-й таблиці	2219
Відносне положення максимуму температур по висоті топки	x_t	-	$x_t = x_r = \frac{h_r}{H_t}$	0.12
Коефіцієнт	M	-	По п. 6-13	0.5
Температура газів на виході з топки	ϑ''_t	°С	Прийнята завчасно	1200
Ентальпія	I''_t	кДж/кг	По I-й таблиці	14956
Середня сумарна теплоємність продуктів згорання	$V_{сер}$	кДж/(м³*К)	$\frac{Q_t - I''_t}{\vartheta_a - \vartheta''_t}$	10,7
Коефіцієнт послаблення променів:	$p_{пс}$	1/МПа*м	$p_{пс}$	1.94
трьохатомними газами	$k_{г}$	1/МПа*м	По номограмі 3	0.27
золотими частинками	$k_{зп}$	1/МПа*м	По номограмі 4	6.6
частинками коксу	$k_{кккз}$	-	По п. 6-08	1.0
Безрозмірні параметри	x1	-	По п. 6-09	0.5
Безрозмірні параметри	x2	-	По п. 6-09	0.1
Оптична товщина	kps	-	$(k_{гr_{п}} + k_{зп,зп} + k_{кккз} x_1 x_2) p_{с}$	2.04
Степінь чорноти факела	$\alpha_{ф}$	-	По номограмі 2	0.86
Коефіцієнт теплової ефективності гладкотрубних екранів	$\psi_{экр}$	-	$\psi_{экр} = \xi$ при $x=1$ по табл. 6-2	0.45
Коефіцієнт	b	-	По п. 6-20	1
Коефіцієнт враховуючий забруднення ошипованих екранів	$\xi_{ом}$	-	$b \left(0,53 - 0,25 \frac{t_s}{1000}\right)$	0.205
Коефіцієнт теплової	$\psi_{ом}$	-	$\psi_{ом} = \xi$ при $x=1$	0.193

ефективності ошипованих екранів				
------------------------------------	--	--	--	--

Продовження таблиці 6

Коефіцієнт враховуючий забруднення ширм, у вихідному вікні топки	$\zeta_{ок}$	-	β по табл. 6-2 н рис. 6-4	0.414
Коефіцієнт теплової ефективності ширм, у вихідному вікні топки	$\psi_{ок}$	-	$\psi_{ом} = \zeta$ при $x=1$	0.414
Середній коефіцієнт теплової ефективності	$\psi_{ср}$	-	$\frac{\sum \psi_i F_i}{\sum F_{ср}}$	0.39
Сетепінь чорноти топкової камери	α_t	-	По номограмі 6	0.890
Температура газів на виході з топки	t''_z	°C	$\frac{T_a}{M \left(\frac{4.9 \cdot 10^{-8} \psi_{ср} F_{ср} q_z t''_z}{\psi B_p V_{ср}} \right)^{0.8} + 1}$	1202
Ентальпія	I''_z	кДж/кг	По I-й таблиці	14981
Кількість тепла, сприйнятого в топці	$Q_{л}^r$	-	$\varphi (Q_z - I''_z)$	2623
Середнє теплове навантаження промінесприймаючої поверхні нагріву	$q_{л}$	кДж/(м²*год)	$\frac{B_p Q_{л}}{H_{п}}$	630206
Теплонавантаження топочного об'єму (до ширм)	q_v	кДж/(м³*год)	$\frac{B Q_{п}^p}{V_z}$	609657

Таблиця 7 – Уточнення теплового балансу

Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	$\frac{(I_{zx} - a_{zx} I_{x,n}^0) (100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.05
Сума теплових втрат	Σq		$\frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{100 - \Sigma q} \text{ мп}$	9.49
ККД котельного агрегата	$\eta_{к.а}$			90.51
Розрахункова витрата палива	B_p	кг/г	$B \left(1 - \frac{q_4}{100} \right)$	119113
Тепло, забираюче повітрям в топку	$Q_{в}$	кДж/кг		2992
Корисне тепловиділення в топці	Q_t	кДж/кг	$Q_p^p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_5 \text{ мп}}{100 - q_4} + Q_{в}$	25961
Кількість тепла, сприйнятого в топі випромінюванням	$Q_{л}^r$		$\varphi (Q_z - I''_z)$	2623
Нев'язка теплового балансу	ΔQ	%	$\frac{(Q_p^p \cdot \eta_{к}^{6p} - (Q_t + Q_{ф} + Q_{п.п.} + Q_{в.с.}) \cdot (1 - q_4/100) \cdot 100)}{Q_p^p}$	0.02

Допустима нев'язка балансу - 0.5%

Тепловий розрахунок у відношенні 10% - кукурудзи, та 90% - вугілля приведений в табл. 8-14.

Таблиця 8 – Елементарний склад суміші кукурудзи та антрацити

$Q_{п}^p$, кДж	W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p	V^{def}	t_A	t_B	t_C
22675	6	23	1	63	3	1	3	14	1040	1220	1300

Таблиця 9 – Теоретичні об'єми газів

Величина	Формула	Результат, м ³ /м ³
Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного спалювання палива	$V^0 = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p$	6.197
Теоретичний об'єм азота	$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,008 \cdot N^p$	4.987
Теоретичний об'єм трьохатом-них газів	$V_{RO_2} = 0,01866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p)$	1.182
Теоретичний об'єм водяної пари	$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^0$	0.456
Теоретичний об'єм продуктів згорання	$V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$	6.625

Таблиця 10 – Дійсні об'єми газів та об'ємні долі газів

Назва величини та розрахункова формула	Топка	Пароперегрівач		Водяний економайзер	Повітря-підігрівач	Вихідні гази
		I	II			
Коефіцієнт надлишку повітря α_i	1.2	1.215	1.23	1.25	1.3	1.4
Середній коефіцієнт надлишку повітря поверхні нагріву $\alpha_{cp} = 0,5 \cdot (\alpha_{i-1} + \alpha_i)$	1.2	1.2075	1.2225	1.2400	1.2750	1.3500
Дійсний об'єм водяних парів $V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \left[\frac{m^3}{m^3} \right]$	0.4763	0.4770	0.4785	0.4803	0.4837	0.4912
Повний об'єм газів $V_z = V_z^0 + 1,0161(\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \left[\frac{m^3}{m^3} \right]$	7.8640	7.9104	8.0034	8.1118	8.3287	8.7935
Об'ємна частка RO_2 $r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_z}$	0.1503	0.1494	0.1476	0.1457	0.1419	0.1344
Об'ємна частка H_2O $r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_z}$	0.0606	0.0603	0.0598	0.0592	0.0581	0.0559
Сумарна частка RO_2 та H_2O $r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	0.2108	0.2097	0.2074	0.2049	0.2000	0.1902

Таблиця 11 – Частини газового тракту і коефіцієнти надлишку повітря

t, °C	$I^0_{\text{пов.}}$ кДж/кг	$I^0_{\text{г.}}$ кДж/кг	Частини газового тракту і коефіцієнти надлишку повітря											
			Топка		Пароперегрівач I		Пароперегрівач II		Водяний економайзер		Повітряпідігрівач		Вихідні гази	
			$\alpha=$	1,2	$\alpha=$	1,215	$\alpha=$	1,23	$\alpha=$	1,25	$\alpha=$	1,3	$\alpha=$	1,4
			I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI
100	820	917									1163		1245	
200	1650	1858									2352	1190	2517	1273
300	2495	2825									3574	1221	3823	
400	3357	3824							4663		4831	1257		
500	4239	4702							5762	1099	5974			
600	5141	5893	6922		6999				7179	1417	7436			
700	6070	6967	8181	1260	8272	1273	8363		8485	1306	8788			
800	7004	8071	9471	1290	9576	1304	9681	1318	9822	1337	10172			
900	7938	9200	10787	1316	10906	1330	11025	1344	11184	1363	11581			
1000	8897	10340	12119	1332	12253	1346	12386	1361	12564	1380				
1100	9883	11485	13461	1342	13610	1357	13758	1372	13955					
1200	10869	12636	14810	1349	14973	1364	15136	1378						
1300	11855	13813	16184	1374	16362	1388	16539							
1400	12866	15015	17588	1405	17781	1420								
1500	13878	16200	18976	1388	19184									
1600	14890	17406	20384	1408	20608									
1700	15901	18619	21799	1415	22038									
1800	16913	19834	23217	1417	23470									
1900	17950	21070	24660	1443										
2000	18988	22293	26091											
2100	20026	23536												
2200	21063	24780												

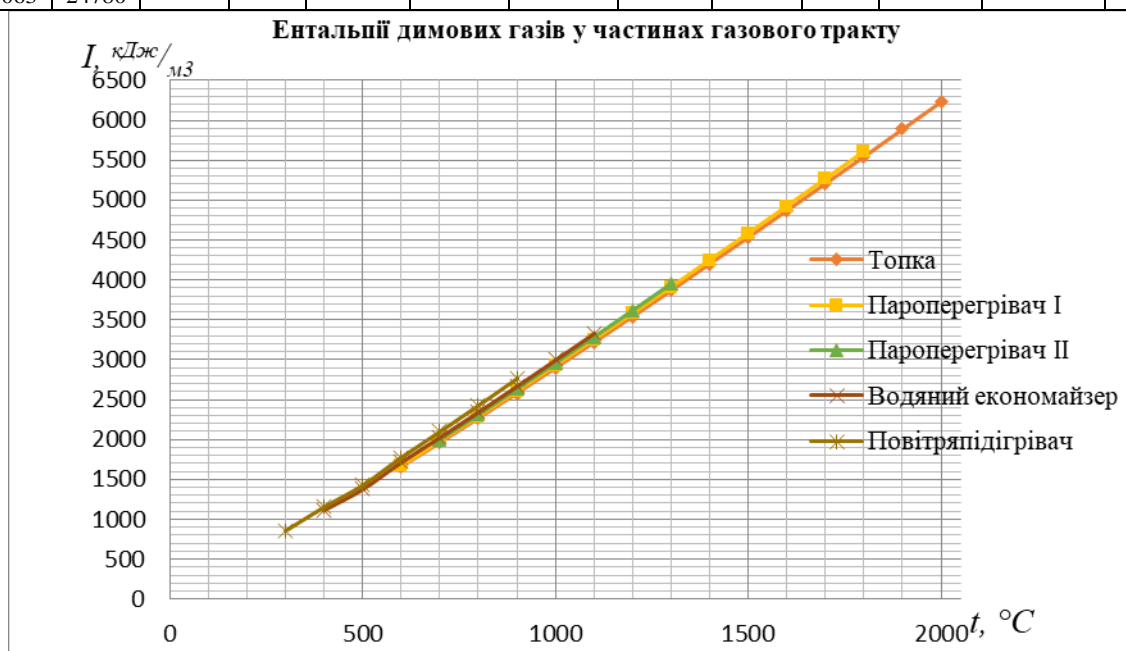


Рис. 2 – Ентальпії димових газів у частинах газового тракту

Таблиця 12 – Тепловий баланс котла

Розрахункові величини	Позначення	Розмірність	Формула/пояснення	Розрахунок
Теплота палива	Q_p^p	кДж/кг	Q_n^p	22675
Температура відхідних газів	$\theta_{\text{г.в.}}$	°C	Прийнята	120
Ентальпія	$I_{\text{г.в.}}$	кДж/кг		1498
Температура холодно повітря	$t_{\text{х.пов.}}$	°C	Прийнята по п. 5-03	30
Ентальпія	$I_{\text{х.в.}}^0$	кДж/кг	По I- θ -таблице	212,2
Втрати тепла:				
від хімічного недопалу	q_3	%	По табл. XVIII	0
від механічного недопалу	q_4	-	-	3.8
з відхідними газами	q_2	-	$(I_{\text{г.в.}} - \alpha_{\text{г.в.}} I_{\text{х.в.}}^0) (100 - q_4)$	5.27
				Q_p^p

в наколишнє серидовище	q_5	-	По п. 5-10	0.2
Для золи палива в шлаку	$\alpha_{шл}$	-	$(1-\alpha_{шл})$ по табл. XVIII	0.2
Температура рідкого шлаку	$t_{шл}$	°С	$t_3 + 100$	1400
Ентальпія золи	$(c\theta)_{зл}$	кДж/кг	По табл. XIII	1632
Втрати з теплом шлаку	q_6	%	$\alpha_{шл} (c\theta)_{зл} AP$	0.34
Сумма теплових втрат	Σq	-	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ млн	9.61
ККД котельного агрегата	$\eta_{к.а}$	-	$100 - \Sigma q$	90.39
Тиск перегрітого пару за котельним агрегатом	$p_{п.п}$	Па	Задано	2500
Температура там же	$t_{п.п}$	°С	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ млн	565
Ентальпія	$i_{п.п}$	кДж/кг	$100 - \Sigma q$	3373
Витрата вторинного пару	$D_{вт}$	т/г	Задано	800
Ентальпія	$i_{п.в}$	кДж/кг	По табл. XXVII	1134
Температура живильної води	$t_{ж.в}$	°С	Задано	260
Тиск на вході в котельний агрегат	$p'_{в.т}$	Па	Задано	382,4
Температура там же	$t'_{в.т}$	°С	-	307
Температура там же	$t''_{в.т}$	°С	Задано	570
Ентальпія	$i''_{вт}$	кДж/кг	По табл. XXV	3601
Тепло корисно використане в агрегаті	$Q_{к.в.}$	МДж/г	$D(i_{п.п} - i_{п.в}) + D_{вт}(i''_{вт} - i'_{вт})$	2553879
Повна витрата палива	B	кг/год	$\frac{Q_{к.в.} \cdot 100}{Q_{к.а.} \cdot 100}$	124580
Розрахункова витрата	B_p	-	$B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)^{0.8}$	119846
Коефіцієнт збереження тепла	ϕ	-	$1 - \frac{q_5}{\eta_{к.а} + q_5}$	0.998

Таблиця 13 – Розрахунок топки котла

Коефіцієнт надлишку повітря в топці	$\alpha_{т}$	-	По п. 4-14 і по табл. XVIII	1.20
Присос повітря в системі пилеприготування	$\Delta \alpha_{шл}$	-	По табл. XVI	0.04
Температура гарячого повітря	$t_{г.пов.}$	°С	Прийнята завчасно	337
Ентальпія	$I_{г.в}^0$	кДж/кг	$(\alpha_{т} - \Delta \alpha_{шл}) I_{г.в}^0 + \Delta \alpha_{шл} I_{х.в}^0$	2511
Тепло, забираюче повітрям в топку	$Q_{в}$	-	По I-й таблиці	698
Корисне тепловиділення в топці	$Q_{т}$	-	$Q_p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_6 \text{ млн}}{100 - q_4} + Q_{ш}$	6096
Теоретична температура горіння	$\theta_{г}$	°С	По I-й таблиці	2198
Відносне положення максимуму температур по висоті топки	$x_{т}$	-	$x_{т} = x_{г} = \frac{h_{г}}{H_{г}}$	0.12
Коефіцієнт	M	-	По п. 6-13	0.5
Температура газів на виході з топки	$\theta''_{г}$	°С	Прийнята завчасно	1200
Ентальпія	$I''_{г}$	кДж/кг	По I-й таблиці	14810
Середня сумарна теплоємність продуктів згорання	$V_{ср}$	кДж/(м³*К)	$\frac{Q_{г} - I''_{г}}{\theta_{г} - \theta''_{г}}$	10,6
Коефіцієнт послаблення променів:	$p_{пс}$	1/МПа*м		1.94
трьохатомними газами	$k_{г}$	1/МПа*м	По п. $p r_{пс}$ мі 3	0.27
золотими частинками	$k_{зл}$	1/МПа*м	По номограми 4	6.6
частинками коксу	$k_{кокс}$	-	По п. 6-08	1.0
Безрозмірні параметри	x_1	-	По п. 6-09	0.5
Безрозмірні параметри	x_2	-	По п. 6-09	0.1
Оптична товщина	k_{ps}	-	$(k_{г} r_{п} + k_{зл} x_{зл} + k_{кокс} x_1 x_2) p s$	2.04
Степінь чорноти факела	$\alpha_{ф}$	-	По номограми 2	0.87
Коефіцієнт теплової ефективності гладкотрубних екранів	$\psi_{экр}$	-	$\psi_{экр} = \zeta$ при $x=1$ по табл. 6-2	0.45
Коефіцієнт	b	-	По п. 6-20	1
Коефіцієнт враховуючий забруднення ошипованих екранів	$\psi_{ом}$	-	$b (0.53 - 0.25 \frac{t_{г}}{1000})$	0.205
Коефіцієнт теплової ефективності ошипованих екранів	$\psi_{ом}$	-	$\psi_{ом} = \zeta$ при $x=1$	0.193

Продовження таблиці 13

Коефіцієнт враховуючий забруднення ширм, у вихідному вікні топки	$\zeta_{ок}$	-	β по табл. 6-2 и рис. 6-4	0.414
Коефіцієнт теплової ефективності ширм, у вихідному вікні топки	$\psi_{ок}$	-	$\psi_{ом}=\zeta$ при $x=1$	0.414
Середній коефіцієнт теплової ефективності	$\psi_{ср}$	-	$\frac{\sum \psi_i F_i}{\sum F_{сг}}$	0.39
Степінь чорноти топкової камери	α_T	-	По номограмі 6	0.890
Температура газів на виході з топки	t''_T	°C	$\frac{T_g}{M \left(\frac{4.9 \cdot 10^{-4} \psi_{ср} F_{сг} q_2^{0.5}}{\varphi B_p V_{ср}} \right)^{0.8} + 1}$	1201
Ентальпія	I''_T	кДж/кг	По I-й таблиці	14826
Кількість тепла, сприйнятого в топці	$Q_{гТ}$	-	$\varphi (Q_T - I''_T)$	2552
Середнє теплове навантаження промінесприймаючої поверхні нагріву	q_L	кДж/(м ² *год)	$\frac{B_p Q_{гТ}}{H_{п}}$	615902
Теплонавантаження топочного об'єму (до ширм)	q_v	кДж/(м ³ *год)	$\frac{B Q_{гТ}}{V_T}$	599774

Таблиця 14 – Уточнення теплового балансу

Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	$\frac{(I_{гг} - \alpha_{гг} I_{гв}) (100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.10
Сума теплових втрат	Σq		$\frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7}{100 - \Sigma q}$	9.44
ККД котельного агрегата	$\eta_{к.а}$			90.56
Розрахункова витрата палива	B_p	кг/г	$B \left(1 - \frac{q_4}{100} \right)$	119615
Тепло, забираюче повітрям в топку	Q_v	кДж/кг		2917
Корисне тепловиділення в топці	Q_T	кДж/кг	$Q_p^p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 - q_7}{100 - q_4} + Q_v$	25517
Кількість тепла, сприйнятого в топці випромінюванням	$Q_{гТ}$		$\varphi (Q_T - I''_T)$	2552
Нев'язка теплового балансу	ΔQ	%	$\frac{(Q_p^p \cdot \eta_{к.а} - (Q_T + Q_{ф} + Q_{п.п.} + Q_{в.е})) \cdot (1 - q_4/100) \cdot 100}{Q_p^p}$	0.02

Допустима нев'язка балансу - 0.5%

Тепловий розрахунок у відношенні 15% - кукурудзи, та 85% - вугілля приведений в табл. 15-21.

Таблиця 15 – Елементарний склад суміші кукурудзи та антрацит

$Q^p_{н, кДж}$	W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p	V^{def}	t_A	t_B	t_C
22231	7	22	1	62	3	1	4	17	1040	1220	1300

Таблиця 16 – Теоретичні об'єми газів

1600	14684	17245	20182	1395	20402									
1700	15681	18448	21584	1402	21819									
1800	16679	19652	22988	1404	23238									
1900	17702	20877	24417	1429										
2000	18726	22090	25835											
2100	19749	23321												
2200	20772	24555												

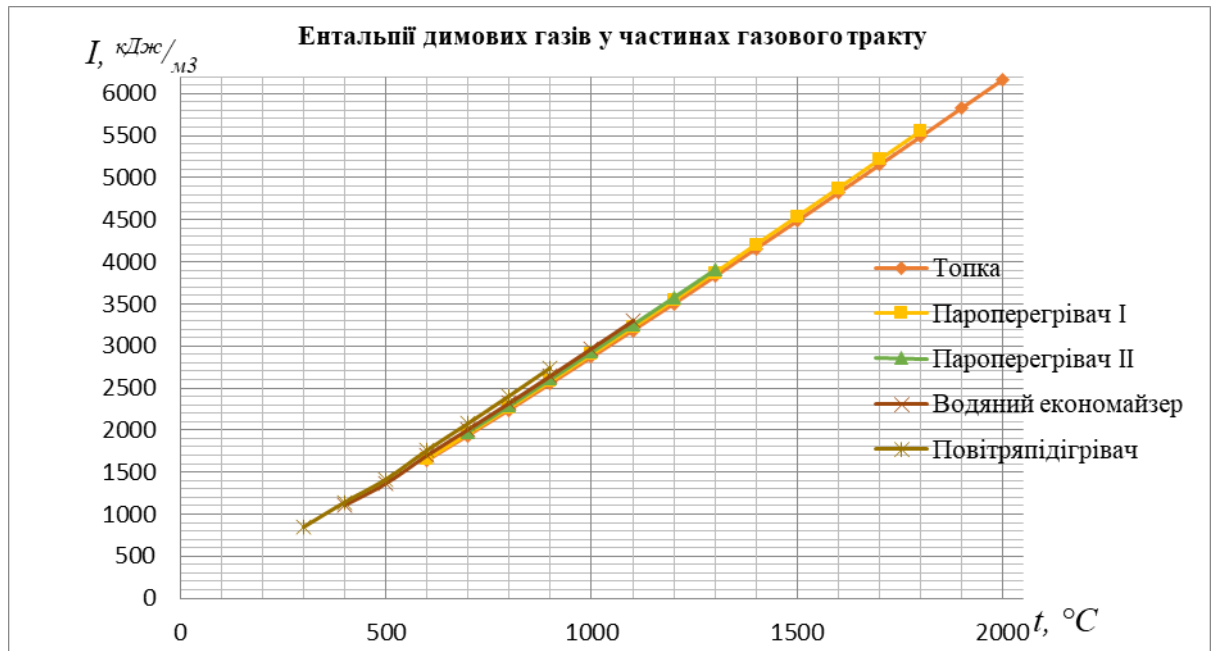


Рис. 3 – Ентальпії димових газів у частинах газового тракту

Таблиця 19 – Тепловий баланс котла

Розрахункові величини	Позначення	Розмірність	Формула/пояснення	Розрахунок
Теплота палива	Q_p^p	кДж/кг	Q_n^p	22229
Температура відхідних газів	θ_{yx}	°C	Прийнята	120
Ентальпія	I_{yx}	кДж/кг		1481
Температура холодно повітря	$t_{x,пов.}$	°C	Прийнята по п. 5-03	30
Ентальпія	$I_{x,в}^0$	кДж/кг	По I - θ -таблице	209,3
Втрати тепла:				
від хімічного недопалу	q_3	%	По табл. XVIII	0
від механічного недопалу	q_4	-	-	3.7
з відхідними газами	q_2	-	$\frac{(I_{yx} - a_{yx} I_{x,в}^0)(100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.33
в наколишне серидовище	q_5	-	По п. 5-10	0.2
Для золи палива в шлаку	$\alpha_{шл}$	-	$(1 - a_{yx})$ по табл. XVIII	0.2
Температура рідкого шлаку	$t_{шл}$	°C	$t_3 + 100$	1400
Ентальпія золи	$(c\theta)_{шл}$	кДж/кг	По табл. XLII	1590
Втрати з теплом шлаку	q_6	%	$\frac{\alpha_{шл} (c\theta)_{шл} A^p}{Q_p^p}$	0.33
Сумма теплових втрат	Σq	-	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ мп	9.56
ККД котельного агрегата	$\eta_{к.а.}$	-	$100 - \Sigma q$	90.44
Тиск перегрітого пару за котельним агрегатом	$p_{п.п.}$	Па	Задано	2500
Температура там же	$t_{п.п.}$	°C	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ мп	565
Ентальпія	$i_{п.п.}$	кДж/кг	По табл. XXIV	3363
Витрата вторинного пару	$D_{вт}$	т/г	Задано	800
Ентальпія	$i_{п.в.}$	кДж/кг	По табл. XXVII	1134
Температура живильної води	$t_{ж.в.}$	°C	Задано	260
Тиск на вході в котельний агрегат	$p'_{в.т.}$	Па	Задано	382,4
Температура там же	$t'_{в.т.}$	°C	-	307
Температура там же	$t''_{в.т.}$	°C	Задано	570
Ентальпія	$i''_{вт}$	кДж/кг	По табл. XXV	3599
Тепло корисно використане в агрегаті	$Q_{к.в.}$	МДж/г	$D(i_{п.п.} - i_{п.в.}) + D_{вт}(i''_{в.т.} - i'_{вт})$	2511129
Повна витрата палива	B	кг/год	$\frac{Q_{к.в.} \cdot 100}{Q_p^p}$	124877
Розрахункова витрата	B_p	-	$B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$	120257
Коефіцієнт збереження тепла	ϕ	-	$1 - \frac{q_5}{\eta_{к.а.} + q_5}$	0.998

Таблиця 20 – Розрахунок топки котла

Коефіцієнт надлишку повітря в топці	α_{τ}	-	По п. 4-14 і по табл. XVIII	1.20
Присос повітря в системі пилеприготування	$\Delta\alpha_{пл}$	-	По табл. XVI	0.04
Температура гарячого повітря	$t_{г.пов.}$	°С	Прийнята завчасно	337
Ентальпія	$I_{г.в}^0$	кДж/кг	$(\alpha_{\tau}-\Delta\alpha_{пл}) I_{г.в}^0 + \Delta\alpha_{пл} I_{х.в}^0$	10511
Тепло, забираюче повітрям в топку	$Q_{в}$	-	По I-й таблиці	698
Корисне тепловиділення в топці	Q_{τ}	-	$Q_p \frac{100-q_3-q_4-q_5}{100-q_4} + Q_{\Delta}$	5990
Теоретичная температура горіння	ϑ_a	°С	По I-й таблиці	2177
Відносне положення максимуму температур по висоті топки	x_{τ}	-	$x_{\tau} = x_{\tau} = \frac{h_{\tau}}{H_{\tau}}$	0.12
Коефіцієнт	M	-	По п. 6-13	0.5
Температура газів на виході з топки	ϑ''_{τ}	°С	Прийнята завчасно	1200
Ентальпія	I''_{τ}	кДж/кг	По I-й таблиці	14663
Середня сумарна теплоємність продуктів згорання	$V_{сер}$	кДж/(м³*К)	$\frac{Q_{\tau}-I''_{\tau}}{\vartheta_a-\vartheta''_{\tau}}$	10,5
Коефіцієнт послаблення променів:	$p_{пs}$	1/МПа*м	$p_{пs}$	1.94
трьохатомними газами	k_{τ}	1/МПа*м	По номограмі 3	0.27
золотими частинками	$k_{ал}$	1/МПа*м	По номограмі 4	6.6
частинками коксу	$k_{кокс}$	-	По п. 6-08	1.0
Безрозмірні параметри	x1	-	По п. 6-09	0.5
Безрозмірні параметри	x2	-	По п. 6-09	0.1
Оптична товщина	kps	-	$(k_{\tau}r_{п} + k_{ал}x_{ал} + k_{кокс}x_1x_2) p s$	2.04
Степінь чорноти факела	$\alpha_{ф}$	-	По номограмі 2	0.87
Коефіцієнт теплової ефективності гладкотрубних екранів	$\psi_{окр}$	-	$\psi_{окр}=\xi$ при $x=1$ по табл. 6-2	0.45
Коефіцієнт	b	-	По п. 6-20	1
Коефіцієнт враховуючий забруднення ошипованих екранів	$\xi_{ом}$	-	$b \left(0,53 - 0,25 \frac{t_3}{1000} \right)$	0.205
Коефіцієнт теплової ефективності ошипованих екранів	$\psi_{ом}$	-	$\psi_{ом}=\xi$ при $x=1$	0.193

Продовження таблиці 20

Коефіцієнт враховуючий забруднення ширм, у вихідному вікні топки	$\xi_{ок}$	-	ξ по табл. 6-2 и рис. 6-4	0.414
Коефіцієнт теплової ефективності ширм, у вихідному вікні топки	$\psi_{ок}$	-	$\psi_{ом}=\xi$ при $x=1$	0.414
Середній коефіцієнт теплової ефективності	$\psi_{сер}$	-	$\frac{\sum \psi_i F_i}{\sum F_{сер}}$	0.39
Степінь чорноти топкової камери	α_{τ}	-	По номограмі 6	0.890
Температура газів на виході з топки	ϑ''_{τ}	°С	$M \left(\frac{4,9 \cdot 10^{-5} \psi_{сер} F_{сер} a_{\tau}^2}{\vartheta_{сер} V_{сер}} \right)^{0,6} + 1$ — 273	1200
Кількість тепла, сприйнятого в топці	Q_{τ}	-		2482

$$\vartheta (Q_{\tau} - I''_{\tau})$$

Середнє теплове навантаження промінесприймаючої поверхні нагріву	q_l	кДж/(м²*год)	$\frac{B_p Q_{\pi}}{H_{\pi}}$	601021
Теплонавантаження топочного об'єму (до ширм)	q_v	кДж/(м³*год)	$\frac{B Q_{\pi}^p}{V_{\pi}}$	589384

Таблиця 21 – Уточнення теплового балансу

Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	$\frac{(I_{\pi\pi} - \alpha_{\pi\pi} I_{\pi, \pi}^p)(100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.16
Сума теплових втрат	Σq		$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \text{ мп}$	9.39
ККД котельного агрегата	$\eta_{\kappa. \text{а}}$			90.61
Розрахункова витрата палива	B_p	кг/Г	$B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$	120030
Тепло, забираюче повітрям в топку	Q_v	кДж/кг		2913
Корисне тепловиділення в топці	Q_{π}	кДж/кг	$Q_p^p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_5 \text{ мп}}{100 - q_4} + Q_{\pi}$	25074
Кількість тепла, сприйнятого в топі випромінюванням	Q_{π}^{π}		$\varphi (Q_{\pi} - I''_{\pi})$	2482
Нев'язка теплового балансу	ΔQ	%	$\frac{(Q_p^p \cdot \eta_{\kappa}^{\text{бп}} - (Q_{\pi} + Q_{\phi} + Q_{\text{п.п.}} + Q_{\text{в.е.}}) \cdot (1 - q_4/100) \cdot 100)}{Q_p^p}$	0.02

Допустима нев'язка балансу - 0.5%

Тепловий розрахунок у відношенні 20% - кукурудзи, та 80% - вугілля приведений в табл. 22-28.

Таблиця 22 – Елементарний склад суміші кукурудзи та антрацити

Q_{π}^p , кДж	W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p	V^{def}	t_A	t_B	t_C
21783	7	21	1	61	3	1	6	21	1040	1220	1300

Таблиця 23 – Теоретичні об'єми газів

Величина	Формула	Результат, м³/м³
Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного спалювання палива	$V^0 = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p$	6.025
Теоретичний об'єм азота	$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,008 \cdot N^p$	4.847
Теоретичний об'єм трьохатом-них газів	$V_{RO_2} = 0,01866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p)$	1.145
Теоретичний об'єм водяної пари	$V_{H_2O}^o = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^0$	0.504
Теоретичний об'єм продуктів згорання	$V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$	6.495

Таблиця 24 – Дійсні об'єми газів та об'ємні доли газів

Назва величини та розрахункова формула	Топка	Пароперегрівач		Водяний економайзер	Повітря-підігрівач	Вихідні гази
		I	II			
Коефіцієнт надлишку повітря α_i	1.2	1.215	1.23	1.25	1.3	1.4
Середній коефіцієнт надлишку повітря поверхні нагріву $\alpha_{cp} = 0,5 \cdot (\alpha_{i-1} + \alpha_i)$	1.2	1.2075	1.2225	1.2400	1.2750	1.3500

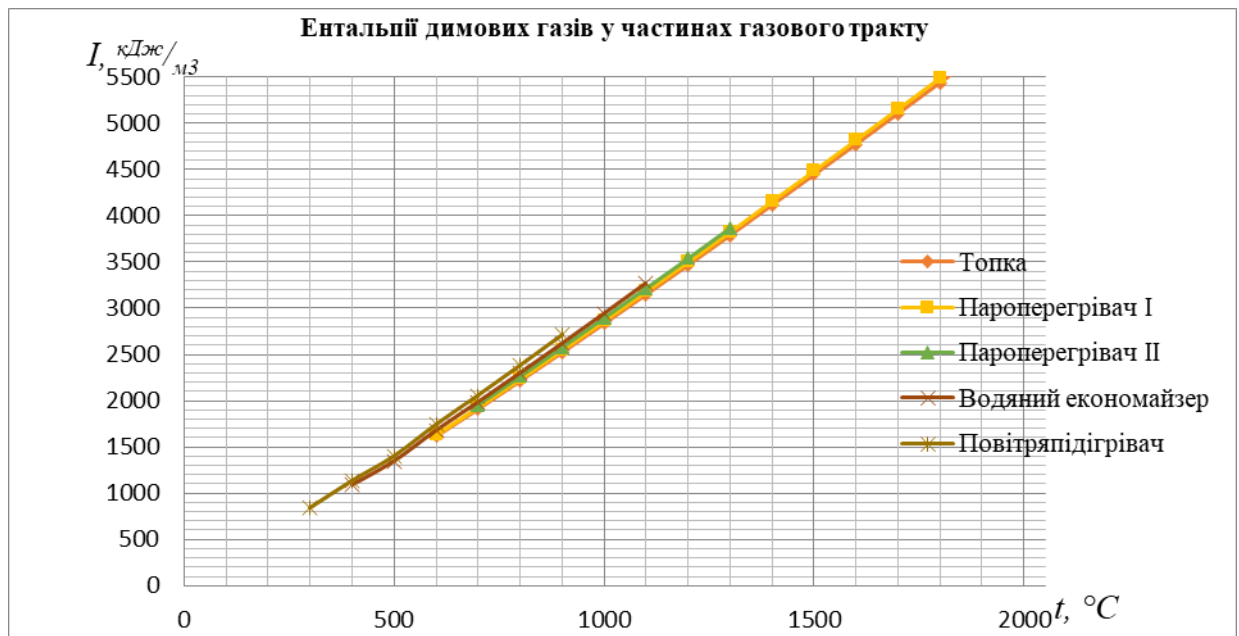


Рис. 4 – Ентальпії димових газів у частинах газового тракту

Таблиця 26 – Тепловий баланс котла

Розрахункові величини	Позначення	Розмірність	Формула/пояснення	Розрахунок
Теплота палива	Q_p^p	кДж/кг	Q_p^p	21783
Температура відхідних газів	$\theta_{\text{вх}}$	°C	Прийнята	120
Ентальпія	$I_{\text{ух}}$	кДж/кг		1469
Температура холодно повітря	$t_{\text{х.пов.}}$	°C	Прийнята по п. 5-03	30
Ентальпія	$I_{\text{х.в.}}^0$	кДж/кг	По I - θ -таблице	206,3
Втрати тепла:				
від хімічного недопалу	q_3	%	По табл. XVIII	0
від механічного недопалу	q_4	-	-	3,6
з відхідними газами	q_2	-	$\frac{(I_{\text{ух}} - a_{\text{ух}} I_{\text{х.в.}}^0)(100 - q_4)}{Q_p^p}$	5,38
в наколишне серидовище	q_5	-	По п. 5-10	0,2
Для золи палива в шлаку	$\alpha_{\text{шл}}$	-	$(1 - a_{\text{ух}})$ по табл. XVIII	0,2
Температура рідкого шлаку	$t_{\text{шл}}$	°C	$t_3 + 100$	1400
Ентальпія золи	$(c\theta)_{\text{шл}}$	кДж/кг	По табл. XIII	6479
Втрати з теплом шлаку	q_6	%	$\frac{\alpha_{\text{шл}} (c\theta)_{\text{шл}} A^p}{100 - \sum q}$	0,32
Сумма теплових втрат	$\sum q$	-	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ мп	9,51
ККД котельного агрегата	$\eta_{\text{к.а.}}$	-		90,49
Тиск перегрітого пару за котельним агрегатом	$p_{\text{п.п}}$	Па	Задано	2500
Температура там же	$t_{\text{п.п}}$	°C	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ мп	565
Ентальпія	$i_{\text{п.п}}$	кДж/кг	$\frac{100 - \sum q}{100 - \sum q}$	3371
Витрата вторинного пару	$D_{\text{вт}}$	т/г	Задано	800
Ентальпія	$i_{\text{п.в}}$	кДж/кг	По табл. XXVII	1134
Температура живильної води	$t_{\text{ж.в.}}$	°C	Задано	260
Тиск на вході в котельний агрегат	$p'_{\text{в.т}}$	Па	Задано	382,4
Температура там же	$t'_{\text{в.т}}$	°C	-	307
Температура там же	$t''_{\text{в.т}}$	°C	Задано	570
Ентальпія	$i''_{\text{вт}}$	кДж/кг	По табл. XXV	3599
Тепло корисно використовуване в агрегаті	$Q_{\text{к.в.}}$	кДж/г	$D(i_{\text{п.в}} - i_{\text{п.а}}) + D_{\text{вт}}(i''_{\text{вт}} - i'_{\text{вт}})$	2472879
Повна витрата палива	B	кг/год	$\frac{Q_{\text{к.в.}} \cdot 100}{Q_{\text{р.к.}}}$	125420
Розрахункова витрата	B_p	-	$B \left(1 - \frac{q_4}{100} \right)$	120905
Коефіцієнт збереження тепла	ϕ	-	$1 - \frac{q_2}{\eta_{\text{к.а.}} + q_3}$	0,998

Таблиця 27 – Розрахунок топки котла

Коефіцієнт надлишку повітря в топці	$\alpha_{\text{т}}$	-	По п. 4-14 і по табл. XVIII	1,20
Присос повітря в системі пилеприготування	$\Delta \alpha_{\text{пл}}$	-	По табл. XVI	0,04
Температура гарячого повітря	$t_{\text{г.пов.}}$	°C	Прийнята завчасно	337
Ентальпія	$I_{\text{г.в.}}^0$	кДж/кг	$(\alpha_{\text{т}} - \Delta \alpha_{\text{пл}}) I_{\text{г.в.}}^0 + \Delta \alpha_{\text{пл}} I_{\text{х.в.}}^0$	2511

Тепло, забираюче повітрям в топку	$Q_{\text{в}}$	-	По I-й-таблице	698
Корисне тепловиділення в топці	$Q_{\text{т}}$	-	$Q_{\text{п}} \frac{100-q_3-q_4-q_{\text{в.пл}}}{100-q_4} + Q_{\text{а}}$	5884
Теоретичная температура горіння	$\vartheta_{\text{а}}$	°C	По I-й-таблице	2156
Відносне положення максимума температур по висоті точки	$x_{\text{т}}$	-	$x_{\text{т}} = x_{\text{г}} = \frac{h_{\text{т}}}{H_{\text{т}}}$	0.12
Коефіцієнт	M	-	По п. 6-13	0.45
Температура газів на виході з точки	$\vartheta''_{\text{г}}$	°C	Прийнята завчасно	1200
Ентальпія	$I''_{\text{г}}$	кДж/кг	По I-й-таблице	14512
Середня сумарна теплоємність продуктів згорання	$V_{\text{ср}}$	кДж/(м³*К)	$\frac{Q_{\text{т}}-I''_{\text{г}}}{\vartheta_{\text{а}}-\vartheta''_{\text{г}}}$	10,4
Коефіцієнт послаблення променів:	$p_{\text{пс}}$	1/МПа*м	$p_{\text{гпс}}$	1.94
трьохатомними газами	$k_{\text{г}}$	1/МПа*м	По номограмі 3	0.27
золотими частинками	$k_{\text{зп}}$	1/МПа*м	По номограмі 4	6.6
частинками коксу	$k_{\text{кокс}}$	-	По п. 6-08	1.0
Безрозмірні параметри	x1	-	По п. 6-09	0.5
Безрозмірні параметри	x2	-	По п. 6-09	0.1
Оптична товщина	$k_{\text{пс}}$	-	$(k_{\text{г}}r_{\text{п}} + k_{\text{зп}}x_{\text{зп}} + k_{\text{кокс}}x_1x_2) p_{\text{с}}$	2.04
Степінь чорноти факела	$\alpha_{\text{ф}}$	-	По номограмі 2	0.86
Коефіцієнт теплової ефективності гладкотрубних екранів	$\psi_{\text{окр}}$	-	$\psi_{\text{окр}} = \zeta$ при $x=1$ по табл. 6-2	0.45
Коефіцієнт	b	-	По п. 6-20	1
Коефіцієнт враховуючий забруднення ошипованих екранів	$\zeta_{\text{ом}}$	-	$b \left(0,53 - 0,25 \frac{t_3}{1000} \right)$	0.205
Коефіцієнт теплової ефективності ошипованих екранів	$\psi_{\text{ом}}$	-	$\psi_{\text{ом}} = \zeta$ при $x=1$	0.193

Продовження таблиці 27

Коефіцієнт враховуючий забруднення ширм, у вихідному вікні точки	$\zeta_{\text{ок}}$	-	$\beta \zeta$ по табл. 6-2 и рис. 6-4	0.414
Коефіцієнт теплової ефективності ширм, у вихідному вікні точки	$\psi_{\text{ок}}$	-	$\psi_{\text{ом}} = \zeta$ при $x=1$	0.414
Середній коефіцієнт теплової ефективності	$\psi_{\text{ср}}$	-	$\frac{\sum \psi_{\text{т}} F_{\text{т}}}{\sum F_{\text{сг}}}$	0.39
Степінь чорноти топкової камери	$\alpha_{\text{т}}$	-	По номограмі 6	0.89
Температура газів на виході з точки	$\vartheta''_{\text{г}}$	°C	$\frac{T_{\text{а}}}{M \left(\frac{4,9 \cdot 10^{-4} \psi_{\text{ср}} F_{\text{сг}} q_{\text{г}}^{0,8}}{V_{\text{ср}} V_{\text{ср}}^{0,72}} \right) + 1}$	1199
Ентальпія	$I''_{\text{г}}$	кДж/кг	По I-й-таблице	14504
Кількість тепла, сприйнятого в топці	$Q_{\text{т}}$	-	$q (Q_{\text{г}} - I''_{\text{г}})$	2412
Середнє теплове навантаження промінесприймаючої поверхні нагріву	$q_{\text{л}}$	кДж/(м²*год)	$\frac{B_{\text{р}} Q_{\text{п}}}{H_{\text{п}}}$	587178
Теплонавантаження топочного об'єму (до ширм)	$q_{\text{в}}$	кДж/(м³*год)	$\frac{B Q_{\text{п}}}{V_{\text{г}}}$	580074

Таблиця 28 – Уточнення теплового балансу

Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	$\frac{(I_{yx} - a_{yx} I_{x,b}^0)(100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.22
Сума теплових втрат	Σq		$\frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_{\text{м.п.}}}{100 - \Sigma q}$	9.34
ККД котельного агрегата	$\eta_{\text{к.а.}}$			90.66
Розрахункова витрата палива	B_p	кг/Г	$B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$	120682
Тепло, забираюче повітрям в топку	Q_b	кДж/кг		2909
Корисне тепловиділення в топці	$Q_{\text{т}}$	кДж/кг	$Q_p^p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_5 - q_{\text{м.п.}}}{100 - q_4} + Q_b$	24630
Кількість тепла, сприйнятого в топі випромінюванням	$Q_{\text{тл}}$		$\varphi (Q_{\text{т}} - I''_{\text{т}})$	2412
Нев'язка теплового балансу	ΔQ	%	$\frac{(Q_p^p \cdot \eta_{\text{к.а.}}^{\text{бп}} - (Q_{\text{т}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{п.п.}} + Q_{\text{в.с.}}) \cdot (1 - q_4/100) \cdot 100) / Q_p^p}{Q_p^p}$	0.02

Допустима нев'язка балансу - 0.5%

Тепловий розрахунок у відношенні 25% - кукурудзи, та 75% - вугілля приведений в табл. 29-35.

Таблиця 29 – Елементарний склад суміші кукурудзи та антрациту

$Q^p_{\text{н, кДж}}$	W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p	V^{def}	t_A	t_B	t_C
21340	8	20	1	60	3	1	7	24	1040	1220	1300

Таблиця 30 – Теоретичні об'єми газів

Величина	Формула	Результат, м³/м³
Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного спалювання палива	$V^0 = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p$	5.940
Теоретичний об'єм азота	$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,008 \cdot N^p$	4.776
Теоретичний об'єм трьохатомних газів	$V_{RO_2} = 0,01866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p)$	1.126
Теоретичний об'єм водяної пари	$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^0$	0.528
Теоретичний об'єм продуктів згорання	$V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$	6.430

Таблиця 31 – Дійсні об'єми газів та об'ємні долі газів

Назва величини та розрахункова формула	Топка	Пароперегрівач		Водяний економайзер	Повітря-підігрівач	Вихідні гази
		I	II			
Коефіцієнт надлишку повітря α_i	1.2	1.215	1.23	1.25	1.3	1.4
Середній коефіцієнт надлишку повітря поверхні нагріву $\alpha_{cp} = 0,5 \cdot (\alpha_{i-1} + \alpha_i)$	1.2	1.2075	1.2225	1.2400	1.2750	1.3500
Дійсний об'єм водяних парів $V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \right]$	0.5468	0.5475	0.5490	0.5506	0.5540	0.5612
Повний об'єм газів $V_{\text{г}} = V_{\text{г}}^0 + 1,0161(\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 \left[\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \right]$	7.6183	7.6628	7.7519	7.8559	8.0638	8.5093

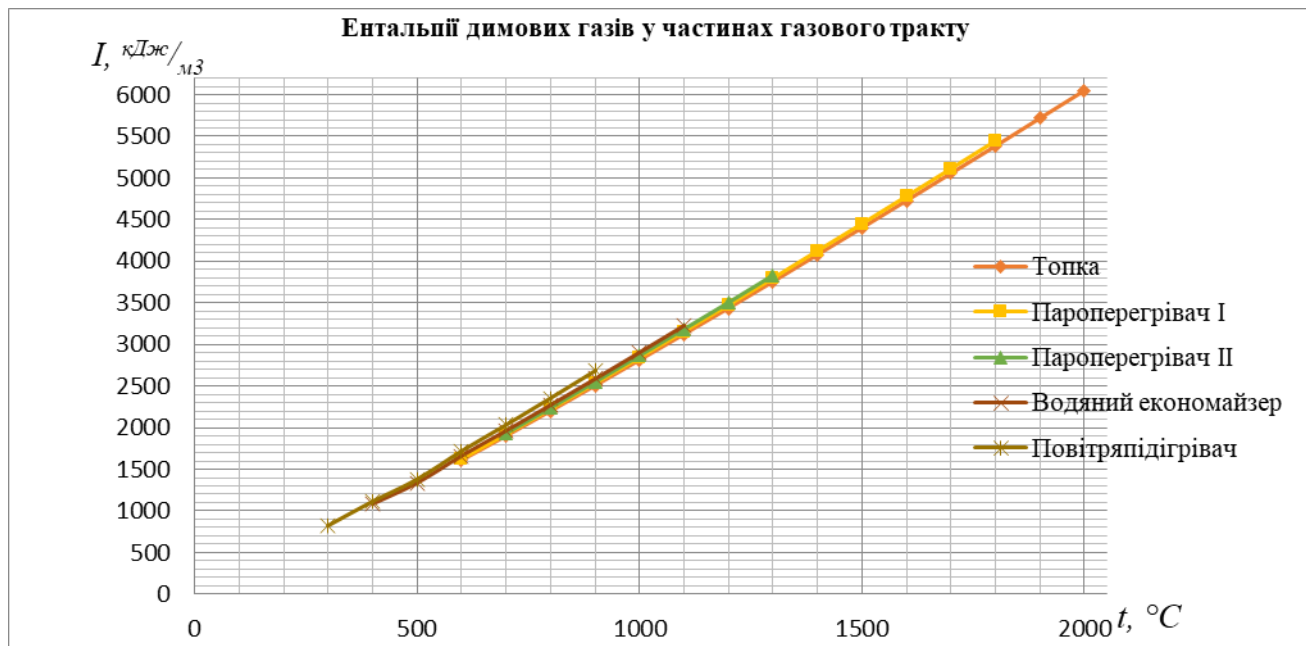


Рис. 5 – Ентальпії димових газів у частинах газового тракту

Таблиця 33 – Тепловий баланс котла

Розрахункові величини	Позначення	Розмірність	Формула/пояснення	Розрахунок
Теплота палива	Q_p^p	кДж/кг	Q_n^p	21338
Температура відхідних газів	$\theta_{гв}$	°C	Прийнята	120
Ентальпія	$I_{гх}$	кДж/кг		1452
Температура холодно повітря	$t_{х.пов.}$	°C	Прийнята по п. 5-03	30
Ентальпія	$I_{х.в.}^0$	кДж/кг	По I- θ -таблице	203,4
Втрати тепла:				
від хімічного недопалу	q_3	%	По табл. XVIII	0
від механічного недопалу	q_4	-	-	3.5
з відхідними газами	q_2	-	$\frac{(I_{гх} - a_{гх} I_{х.в.}^0)(100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.44
в наколишне серидовище	q_5	-	По п. 5-10	0.2
Для золи палива в шлаку	$\alpha_{шл}$	-	$(1 - a_{гх})$ по табл. XVIII	0.2
Температура рідкого шлаку	$t_{шл}$	°C	$t_3 + 100$	1400
Ентальпія золи	$(c\theta)_{зл}$	кДж/кг	По табл. XLII	1506
Втрати з теплом шлаку	q_6	%	$\frac{\alpha_{шл} (c\theta)_{зл} A^p}{Q_p^p}$	0.32
Сумма теплових втрат	Σq	-	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ м.п.	9.46
ККД котельного агрегата	$\eta_{к.а.}$	-	$100 - \Sigma q$	90.54
Тиск перегрітого пару за котельним агрегатом	$p_{п.п.}$	Па	Задано	2500
Температура там же	$t_{п.п.}$	°C	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$ м.п.	565
Ентальпія	$i_{п.п.}$	кДж/кг	По табл. XXVIII	3357
Витрата вторинного пару	$D_{вт}$	т/г	Задано	800
Ентальпія	$i_{п.в.}$	кДж/кг	По табл. XXVII	1134
Температура живильної води	$t_{ж.в.}$	°C	Задано	260
Тиск на вході в котельний агрегат	$p'_{в.т.}$	Па	Задано	382,4
Температура там же	$t'_{в.т.}$	°C	-	307
Температура там же	$t''_{в.т.}$	°C	Задано	570
Ентальпія	$i''_{вт}$	кДж/кг	По табл. XXV	3599
Тепло корисно використовуване в агрегаті	$Q_{к.в.}$	кДж/г	$D(i_{п.п.} - i_{п.в.}) + D_{вт}(i''_{вт} - i'_{вт})$	2432380
Повна витрата палива	B	кг/год	$\frac{Q_{к.в.} \cdot 100}{Q_p^p}$	125875
Розрахункова витрата	B_p	-	$B \left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$	121469
Коефіцієнт збереження тепла	ϕ	-	$1 - \frac{q_5}{\eta_{к.а.} + q_5}$	0.998

Таблиця 34 – Розрахунок топки котла

Коефіцієнт надлишку повітря в топці	α_T	-	По п. 4-14 і по табл. XVIII	1.20
Присос повітря в системі пилеприготування	$\Delta \alpha_{пл}$	-	По табл. XVI	0.04
Температура гарячого повітря	$t_{г.пов.}$	°C	Прийнята завчасно	337

Ентальпія	$I_{г,в}^0$	кДж/кг	$(\alpha_{г}-\Delta\alpha_{пш}) I_{г,в}^0 + \Delta\alpha_{пл} I_{х,в}^0$	2511
Тепло, забираюче повітрям в топку	$Q_{в}$	-	По I - θ -таблице	698
Корисне тепловиділення в топці	$Q_{т}$	-	$Q_{р} \frac{100-q_3-q_4-q_{в,пл}}{100-q_4} + Q_{ш}$	5779
Теоретичная температура горіння	θ_a	°C	По I - θ -таблице	2135
Відносне положення максимума температур по висоті топки	$x_{т}$	-	$x_{т} = x_{г} = \frac{h_{г}}{H_{т}}$	0.12
Коефіцієнт	M	-	По п. 6-13	0.45
Температура газів на виході з топки	$\theta''_{г}$	°C	Прийнята завчасно	1200
Ентальпія	$I''_{г}$	кДж/кг	По I - θ -таблице	14366
Середня сумарна теплоємність продуктів згорання	$V_{ср}$	кДж/(м ³ *К)	$\frac{Q_{г}-I''_{г}}{\theta_a-\theta''_{г}}$	10,2
Коефіцієнт послаблення променів:	$p_{пс}$	1/МПа*м	$p_{гпс}$	1.94
трьохатомними газами	$k_{г}$	1/МПа*м	По номограмі 3	0.27
золотими частинками	$k_{зл}$	1/МПа*м	По номограмі 4	6.6
частинками коксу	$k_{кокс}$	-	По п. 6-08	1.0
Безрозмірні параметри	x_1	-	По п. 6-09	0.5
Безрозмірні параметри	x_2	-	По п. 6-09	0.1
Оптична товщина	kps	-	$(k_{г}r_{п} + k_{зл}x_{зл} + k_{кокс}x_1x_2)ps$	2.04
Степінь чорноти факела	$\alpha_{ф}$	-	По номограмі 2	0.86
Коефіцієнт теплової ефективності гладкотрубних екранів	$\psi_{окр}$	-	$\psi_{окр}=\xi$ при $x=1$ по табл. 6-2	0.45
Коефіцієнт	b	-	По п. 6-20	1
Коефіцієнт враховуючий забруднення ошипованих екранів	$\zeta_{ом}$	-	$b \left(0,53 - 0,25 \frac{t_3}{1000} \right)$	0.205
Коефіцієнт теплової ефективності ошипованих екранів	$\psi_{ом}$	-	$\psi_{ом}=\xi$ при $x=1$	0.193

Продовження таблиці 34

Коефіцієнт враховуючий забруднення ширм, у вихідному вікні топки	$\zeta_{ок}$	-	β_{ξ} по табл. 6-2 и рис. 6-4	0.414
Коефіцієнт теплової ефективності ширм, у вихідному вікні топки	$\psi_{ок}$	-	$\psi_{ом}=\xi$ при $x=1$	0.414
Середній коефіцієнт теплової ефективності	$\psi_{ср}$	-	$\frac{\sum \psi_i F_i}{\sum F_{ср}}$	0.39
Степінь чорноти топкової камери	$\alpha_{т}$	-	По номограмі 6	0.89
Температура газів на виході з топки	$\theta''_{г}$	°C	$\frac{T_{г}}{M \left(\frac{4,9 \cdot 10^{-4} \psi_{ср} F_{ср} q_4 I_{г}^0}{\psi_{ср} V_{ср}} + 1 \right)^{0,8}} - 0,772$	1199
Ентальпія	$I''_{г}$	кДж/кг	По I - θ -таблице	14345
Кількість тепла, сприйнятого в топці	$Q_{т}$	-	$\varphi (Q_{г} - I''_{г})$	2342
Середнє теплове навантаження промінесприймаючої поверхні нагріву	$q_{л}$	кДж/(м ² *год)	$\frac{B_{р} Q_{п}}{H_{п}}$	572749
Теплонавантаження топочного об'єму (до ширм)	q_v	кДж/(м ³ *год)	$\frac{B Q_{п}^0}{V_{г}}$	570258

Таблиця 35 – Уточнення теплового балансу

Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	$\frac{(I_{гк} - \alpha_{гк} I_{гк}^0) (100 - q_4)}{Q_p^p}$	5.28
Сума теплових втрат	Σq		$q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \text{ мп}$	9.29
ККД котельного агрегата	$\eta_{к.а}$			90.71
Розрахункова витрата палива	B_p	кг/Г	$B \left(1 - \frac{q_4}{100} \right)$	121249
Тепло, забираюче повітрям в топку	Q_b	кДж/кг		2913
Корисне тепловиділення в топці	Q_T	кДж/кг	$Q_p^p \frac{100 - q_3 - q_4 - q_6 \text{ мп}}{100 - q_4} + Q_{\text{а}}$	24190
Кількість тепла, сприйнятого в топі випромінюванням	$Q_{\text{л}}^T$		$\varphi (Q_T - I''_{\text{г}})$	2342
Нев'язка теплового балансу	ΔQ	%	$\frac{(Q_p^p \cdot \eta_{к.а}^{\text{бп}} - (Q_T + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{п.п.}} + Q_{\text{в.с}}) \cdot (1 - q_4/100) \cdot 100)}{Q_p^p}$	0.02

Допустима нев'язка балансу - 0.5%

ДОДАТОК Б

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ

Збірник наукових праць всеукраїнської науково-практичної конференції “Екологічна безпека сучасні проблеми та пропозиції”



NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATION
«REGIONAL CENTER FOR SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT»

м. Харків, вул. Франтішка Крала, буд. 57, кв. 35, e-mail: innovation482@gmail.com
Телефони: +380660413080, +380951214854
Свідчення про реєстрацію громадського об'єднання як громадської організації
№1453612 від 09.02.2016 року

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ІМ. В.Г. КОРОЛЕНКА

*У рамках реалізації науково-соціальної програми
«INNOVATION-482»*

«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА: СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ»

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ВСЕКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

(м. Харків, 21 квітня 2017 р.)

ТОМ II

Наукове видання

Київ
«Інтерсервіс»
2017

УДК 621.128

О.Ю. ТИШКО (студент)

*Київський національний політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського*

ЗНИЖЕННЯ ОКСИДІВ АЗОТУ В ТОПКОВИХ КАМЕРАХ КОТЛІВ

Викладено основні шляхи та методи зниження шкідливих газоподібних викидів в атмосферу від теплових електричних станцій і котелень, а також спосіб зниження оксидів азоту.

Ключові слова: оксиди азоту, теплові електричні станції, котельні, викиди в атмосферу.

Промислові та опалювальні котельні і теплові електричні станції є найбільшими забруднювачами навколишнього середовища. Відпрацьовані гази палив, які спалюються на цих підприємствах, містять шкідливі забруднюючі речовини, що володіють різною токсичністю. З усіх викидів в атмосферу енергетичними підприємствами найбільш токсичні оксиди сірки, оксиди азоту та канцерогенні речовини.

У зв'язку із збільшеними в останні роки вимогами до охорони навколишнього середовища боротьба з токсичними викидами в атмосферу набула особливої актуальності. Найважливішим заходом щодо зниження утворення шкідливих речовин слугує вдосконалення технології спалювання палива, за допомогою якого вдається знизити вміст шкідливих речовин на 10-40%. Однак, цього недостатньо для задоволення норм, введених в ряді індустріально розвинених країн. Зазначений захід ефективно в сумісності з очищенням газів. Пропоную короткий огляд основних шляхів і методів зниження шкідливих газоподібних викидів в атмосферу від ТЕС і котелень, а також методів по зниженню NOx.

Спалювання палив з малими надлишками повітря є одним

з найбільш поширених способів зниження викидів окислів азоту. Найбільша ефективність досягається при спалюванні з надлишками повітря $\alpha = 1,03 \div 1,05$. Залежність концентрації NOx від коефіцієнта надлишку повітря має вигляд екстремальної кривої з максимумом в інтервалі $\alpha = 1,1 \div 1,3$. Причому, максимум NOx відповідає, як правило, такому значенню коефіцієнта надлишку повітря, при якому в даних умовах досягається найбільш повне згорання палива. В діапазоні $\alpha = 1,1 \div 1,3$ забезпечується достатня кількість вільного кисню і досить високий температурний рівень. Різниця в місці розташування та рівні максимальні концентрації NOx визначаються відмінностями в конструкціях пальників,

топкових камер та ін. [2].

Однак низькі рівні надлишку повітря призводять до збільшення викидів канцерогенних речовин, твердих частинок і окису вуглецю, що суперечить вимогам захисту навколишнього середовища, а також в ряді випадків можуть інтенсифікувати високотемпературну сульфідну корозію екранів в котельній камері. Вдосконаленням пальників, що забезпечують надійне регулювання витрат палива і повітря по пальникам і хороше змішання паливо-повітряної суміші, можна інтенсифікувати процес горіння палива і досягти значного зменшення викидів, при цьому максимальні значення концентрацій NOx залишаються без зміни, але вся крива залежності NOx (α) зсувається в область менших надлишків повітря.

Таким чином, спалювання палив з малими надлишками повітря без значних втрат продуктів неповного згорання можливо тільки при удосконаленні пальникових пристроїв, що дозволяють інтенсифікувати процес горіння. Крім того, велике значення при цьому має усунення неорганізованих присосів в топку, так як підсмоктуюче повітря бере участь в допалюванні факела з утворенням додаткової кількості NOx [3].

Рециркуляція відпрацьованих газів включає в себе підведення топкових газів в зону горіння, та є ефективним

засобом зниження викиду NOx. Зменшення концентрації NOx пояснюється не стільки низькою температурою рециркуляції газів, скільки зниженням температури горіння через зменшення швидкостей ланцюгових реакцій внаслідок присутніх інертних газів і зниження концентрацій реагуючих речовин. Велика кількість сучасних котлів обладнана різними схемами рециркуляції продуктів згоряння в зону горіння. Дослідження цих схем з точками відбору димових газів на рециркуляцію в діапазоні від 150 до 600 °C і введення їх в різні зони показали, що найбільший ефект зниження утворення окислів азоту досягається при попаданні усієї кількості рециркулюючих газів в зону активного горіння в разі повного їх попереднього перемішування з дутьйовим повітрям (рис. 1). У цьому сенсі найбільшою ефективністю володіє введення продуктів згоряння в повітропроводи перед пальниками або подача їх в топку через окремі канали пальників (крива 1, рис. 1). Введення рециркуляції газів через шліци, розташовані під пальниками (крива 2, рис. 1), менш ефективне, а при введенні димових газів через шліци в под топки (крива 3, рис. 1) концентрація NOx практично не змінюється. У цих випадках основне згоряння палива відбувається перш, ніж рециркулюючі гази змішуються з паливо-повітряною сумішшю [1].

Організація рециркуляції продуктів згоряння в зону горіння досить дорогий

спосіб, оскільки вимагає додаткових капітальних витрат на установку дутьйового

обладнання та газовідходів рециркуляції. Якщо не враховувати витрат на рециркуляцію димових газів, то на ККД котла цей метод практично не впливає.

Під двоступінчастим або двохстадійним спалюванням мається на увазі така організація процесу горіння, коли через пальники з паливом подається повітря в кількості, меншій стехеометричній (зазвичай $\alpha = 0,8 \div 0,95$), а решта необхідної по балансу кількості повітря, що вводиться в топку далі по довжині

факела. Таким чином, на першому етапі горіння здійснюється спалювання палива при нестачі окислювача, а на другому - доспалюванні продуктів газифікації при знижених температурах. Завдяки цьому на початку факела через знижену концентрацію кисню зменшується утворення паливних оксидів азоту, а зниження температурного рівня на другій стадії зменшує утворення термічних NOx.

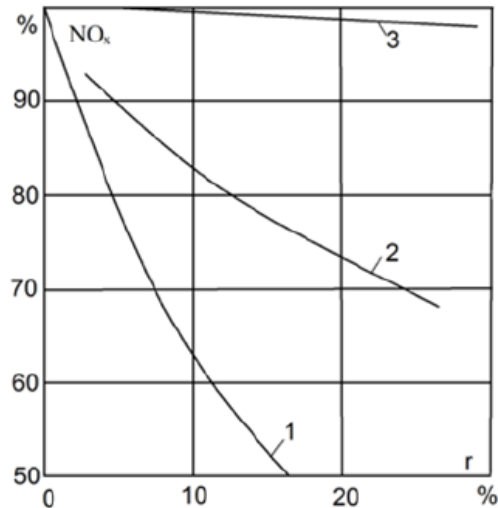


Рисунок 1 – Зниження утворення NOx залежності від рециркуляції топкових газів

Слід зазначити, що організація низькотемпературного ступеневого спалювання в цілому знижує вміст оксидів азоту на 25-49%. Досягаючий ефект пояснюється утворенням в котельній камері котла зон горіння, що відрізняються надлишком повітря і рівнем температур. В цілому даний спосіб доволі перспективний, відносно дешевий і може бути реалізований на більшості існуючих котлів як за рахунок розбаланса співвідношення "паливо-повітря" по ярусах паливників, так і за рахунок подачі відсутнього повітря через шліци або погаснення

Збірник наукових праць "Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції", 2017 р.

паливників в верхній частині топки. Можлива також організація зустрічного дуття вторинного повітря.

Перелік літератури:

1. Цирульников Л.М., Коюхов В.Г., Кадиров Р. А. Охорона повітряного басейна і шляхи зменшення токсичності викидів газомазутних котлів. М.: ВНИІГазпром 1975. 51 с.
2. Спейтер В.А. Знешкодження промислових викидів доспалювання. М.: Енергоато-видат, 1986.
3. Захист атмосфери від промислових забруднень: Справ. Видав.: В 2 ч.; Пер. з англ./ Під ред. С. Калверта, Г.М. Іглунда. М.: Металургія, 1988. 760 с.

**XV Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів і студентів
“Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”**

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XV Міжнародної
науково-практичної конференції
аспірантів, магістрантів і студентів
м. Київ, 25-28 квітня 2017 року,

ТОМ 1



Київ- 2017

ГАЗИФІКАЦІЯ БІОМАСИ З НАСТУПНИМ СПАЛЮВАННЯМ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ

Газифікація біомаси з наступним спалюванням генераторного газу є найбільш капіталомісткою технологією спільного спалювання, але забезпечує сумісність з енергетичними установками, що працюють на різних видах традиційного палива (вугілля, мазут, природний газ). За такою технологією біомаса надходить в газифікатор з метою виробництва генераторного газу, який потім використовується замість природного газу в газових двигунах або турбінах, а також може спалюватися в паровому котлі або котлі утилізаторі установок комбінованого циклу. Можливо вельми широке розмаїття технологій газифікації біомаси [1].

Серед нових технологій, які перебувають в стадії розвитку, можна виділити спільне спалювання вугілля або природного газу та рідкого піропалива з біомаси. Піропаливо отримують технологіями швидкого піролізу біомаси, його щільність становить 1200 кг/m^3 , Q_H – близько 18 МДж/кг . Перевагою такої технології є можливість виробництва піропалива в місцях наявності дешевої біомаси з післянаступним транспортуванням продукту з високою енергетичною щільністю на електростанцію.

Для порівняння: енергетична щільність піропалива складає 28 ГДж/m^3 , тоді як деревної тріски – 8 ГДж/m^3 , соломи – 2 ГДж/m^3 . Основною вимогою до піропалива для спільного спалювання є його висока якість. На рис.1 показана загальна схема використання технології газифікації біомаси з використанням газифікатора ЦКС на електростанції [2].

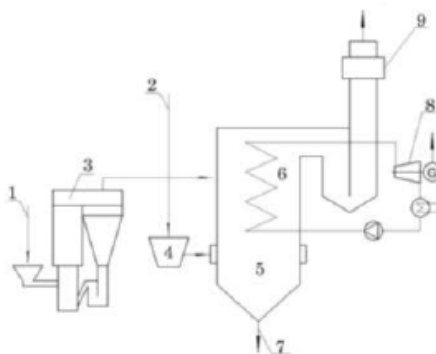


Рисунок 1 – Схема газифікації біомаси на електростанції.

1 – подача біомаси; 2 – подача вугілля; 3 – газифікатор з ЦКС; 4 – млин; 5 – паровий котел; 6 – зона доспалювання; 7 – відвід золи; 8 – парова турбіна і електрогенератор; 9 – система очищення продуктів спалювання.

Перелік посилань:

1. Tillman D. Biomass cofiring: the technology, the experience, the combustion consequences // Biomass and bioenergy. – 2000. – v. 19, № 6 – p. 365 – 384.
2. Wiltsee G. Lessons learned from existing bio; mass power plants // NREL / SR;570; 26946. – 2000. – 144 p.

**Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції
студентів та молодих вчених
«Актуальні проблеми досліджень молодих науковців»**

м. Краматорськ
10 червня 2017 року

**Материалы VII международной научно-практической конференции
студентов и молодых учёных
«Актуальные проблемы исследований молодых ученых»**

г. Краматорск
10 июня 2017 года

**Proceedings of VII International scientific conference
of students and young scientists
“Actual problems of research of young scientists”**

Kramatorsk
Jun 10th, 2017

**SLAGS OF THERMAL HEAT POWER PLANTS IS PERSPECTIVE RAW
FOR PRODUCING OF BUILDING MATERIALS**

Tyshko Oleksandr Yuriyovych

Student

Department of nuclear power plants and thermal physics engineering

Heat-and-Power Engineering Faculty

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Kyiv, Ukraine

**ШЛАМИ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ — ПЕРСПЕКТИВНА
СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Тишко Олександр Юрійович

студент

кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

теплоенергетичний факультет

Київського Політехнічного Інституту імені Ігоря Сікорського

м. Київ, Україна

There are large amounts of unprocessed sludge generated by chemical treatment of acidic waste water power plants, which can be used to produce low-cost building materials.

Keywords: slag, carboxymethylcellulose, lime.

Існують великі обсяги неперероблених шламів, які утворюються в результаті хімічної очистки кислих стічних вод теплових електростанцій, які можуть бути використані для вироблення дешевих будівельних матеріалів.

Ключові слова: шлам, карбоксиметилцелюлоза, вапно.

При хімоводоочищенні, що включають нейтралізацію і коагуляцію, процес осадження іонів важких металів (алюмінію і заліза) здійснюється в розчині з утворенням гідроксидів, що випадають в осад, тому більшість гідратованих шламів містять в основному гідроксиди алюмінію і заліза, які збираються в шламовідстійниках. Накопичуючись у великих кількостях і займаючи великі території, шлами створюють екологічну небезпеку, хоча відносяться до малонебезпечних відходів — четвертий або п'ятий клас небезпеки в залежності від хімічного складу. Найбільш раціональним рішенням екологічної проблеми було б використання цих малонебезпечних відходів в будівельній промисловості.

За результатами хімічного аналізу відомо, що шлами ТЕС містять в основному гідроксиди алюмінію і заліза, які сприяють утворенню первинного алюмінатного каркаса твердіючої системи, низькоосновних гідроалюмінатів, гідросульфалюмінатів, а також гідросульфит-алюмоферитів і надають підвищену міцність, тому вони можуть успішно використовуватися у виробництві високоміцних будівельних матеріалів — цементів, бетонів та пенобетонів. Будівельні матеріали нового покоління повинні відрізнятися високою міцністю для будівництва висотних конструкцій і споруд, мостів, військових об'єктів і т.д.

Метою даної роботи було розробити шляхи застосування шламів ТЕС в будівельній продукції в якості зміцнюючої добавки.

Аналіз характеру зміни міцності цементно-піщаних розчинів з добавкою шламу показав, що для складів з меншим вмістом цементу не спостерігається різких спадів міцності при збільшенні дозування добавки не більше 10-15%. Для підвищення міцності в ранні терміни, коли необхідно забезпечити утворення великої кількості кристалічної гідратної фази, доцільно використовувати цементи з підвищеним вмістом алюмінію. Кількість добавки в цьому випадку може складати до 15-20%, а утворені низькоосновні гідроалюмінати, гідросульфалюмінати і гідросульфід-алюмоферити будуть сприяти утворенню первинного алюмініатного каркаса твердіючої системи. Однак при підвищених дозах шламу (більше 20%) можливе зниження міцності в більш пізні терміни твердіння.

Для цементів з підвищеним вмістом алюмінію фаз і недостатньою кількістю гіпсу на ранніх етапах твердіння підвищення міцності в присутності гіпсомістких шламів пов'язано з активацією процесів утворення етрінгіта і моногідросульфалюміната кальцію. Карбонатні шлами сприяють утворенню гідрокарбонату кальцію. Позитивний вплив в цьому випадку надає вапно, присутній в шламах, що є однією з умов стабільного стану етрінгіта і його кристалохімічних аналогів. При збільшенні дозування шламу більш 15% відбувається зниження міцності цементно-піщаних розчинів (внаслідок надмірної кількості гіпсу або кальциту).

Використання шламу в якості пластифікатора і наповнювача цементно-піщаних розчинів, а також у виробництві піноблоків і пенобетонів, дозволяє зменшити витрату цементу в середньому на 5-7% і знижувати собівартість продукції. Низька вартість добавки, висока ефективність і екологічна безпека обумовлюють постійне зростання обсягів промислового застосування нейтралізованих шламів.

Таким чином шляхом введення в шлам водорозчинного високомолекулярного полімеру з подальшим перемішуванням, формуванням і сушкою на повітрі, в якому в якості полімеру використовують порошкоподібну натрієву сіль карбоксиметилцелюлози (КМЦ) в кількості не менше 3% від загальної кількості.

Кількісний вміст натрієвої солі карбоксиметилцелюлози було встановлено експериментально. Так, її зміст більше 3% від загальної маси шламу забезпечує отримання сухого кінцевого продукту, придатного для подальшої роботи з ним. При вмісті менш 3 мас. % від загальної маси шламу отримують в пропонованих умовах пухкий напіввологий продукт, отримання повністю сухого і щільного продукту можливо тільки за допомогою використання додаткового обладнання (Рис. 1, 2).

Пропонований спосіб полягає в наступному, у шлам очищення скидних вод гідрозоловидалення ТЕС вводять порошок натрієвої солі карбоксиметилцелюлози в кількості не менше 3 мас. % від загальної маси шламу, ретельно перемішують, формують, наприклад, за допомогою гуркоти, і сушать на повітрі. Отримують сухий формований продукт з втратою в масі і об'ємі до 70% (Рис. 1, 2). висушений шлам являє собою сухий твердий щільний матеріал, який легко транспортується для подальшої переробки. На наступних стадіях сухої напівпродукт подрібнюється в дробарках і млинах до порошкоподібного стану і використовується в якості активатора цементу "AL-07".

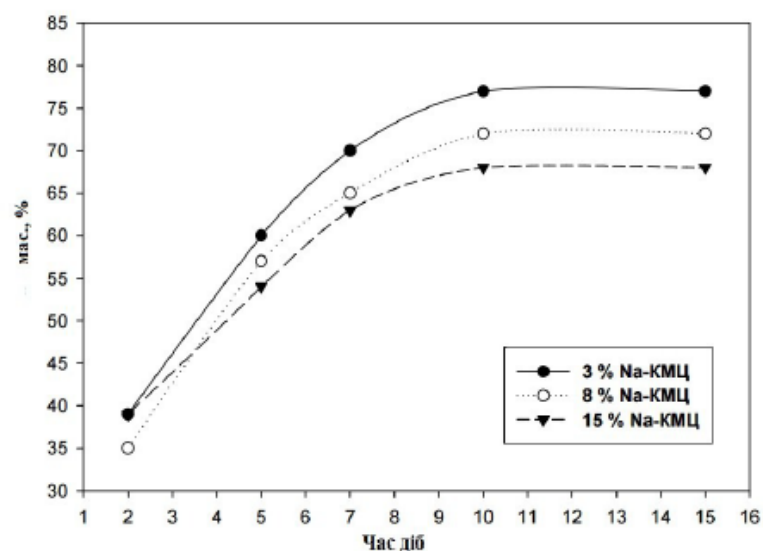


Рис. 1. Залежність маси зразків від вмісту Na-KМЦ і часу витримки

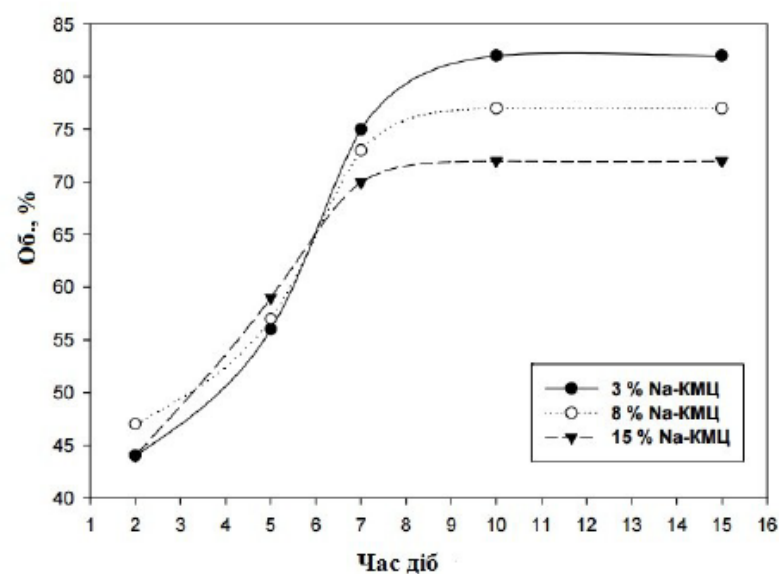


Рис. 2. Залежності об'ємів зразків від вмісту Na-KМЦ і часу витримки

Таким чином, використання шламів ТЕС у виробництві цементно-піщаних розчинах і будівельних матеріалах дозволяють вирішити відразу кілька дуже важливих питань:

- буде отримано значну кількість дефіцитних будівельних матеріалів, що мають порівняно низькі ціни;
- зменшити витрату цементу в середньому на 5-7%, тому що цемент буде з активатором і витрата його знижується;
- великі кількості шламу будуть перероблені, а шламовідстійники звільнені для подальшої роботи;
- покращиться екологічна безпека за рахунок переробки малонебезпечних відходів (четвертий клас небезпеки) в активатор цементу.

Продуктами розробки є асортимент цементів, бетонів та пенобетонів нової якості. Як показали дослідження при додаванні активатора цементу "AL-07" в кількості до 10% в портландцемент межа міцності при стисканні у часі 28 діб (регламентується за ГОСТом) зростає на 25% при межі міцності на вигин на рівні складу без добавок. Як відомо, бетони виготовляють з сухої бетонної суміші, що складається з в'язких матеріалів портландцементу і піску, наповнювачів і різних хімічних добавок, що підвищують технічні характеристики бетонів. Добавки розчиняють у воді перед тим, як вводять в сухі суміші, перемішують і заливають у форми. Склади бетонних сумішей розрізняються якістю добавок, складом в'язких речовин і їх кількістю. Розроблена хімічна добавка покращує такі властивості як морозостійкість, тріщиностійкість, твердість — міцність і т.д. Якщо в бетонну суміш включити цемент з додаванням активатора "AL-07" та спеціальні добавки — наноініціатори, то можна отримати бетон з підвищенням механічної міцності на 50%, деформації і повзучості на 15-25% нижче. Такі бетони є матеріалами поліфункціонального призначення, тому що знижується ймовірність появи тріщин в три рази, морозостійкість підвищується на 25%, а водонепроникність на рівні W8. Застосування такого бетону здешевлює остаточну вартість конструкцій. Отримання нових будівельних матеріалів з добавкою активатора цементу "AL-07" буде ставитися до висококонкурентної продукції, тому що подібні матеріали використовуються в будівництві високих конструкцій, потужних споруд, мостів і військових об'єктів. Високоміцні бетони дозволять підвищити комерційний потенціал розроблюваного проекту.

Використання шламу як добавки не більше 15% в штукатурних розчинах, дозволяє адсорбованій воді, утримуваній на поверхні дисперсних частинок шламу, запобігати агрегування і забезпечувати ковзання частинок щодо один одного. Такі розчини володіють високими технологічними властивостями і легко затираються. Використання шламу в будівельних розчинах забезпечує підвищення життєздатності розчинної суміші за рахунок інтенсифікації адсорбційних процесів.

Отримувані будівельні розчини мають кращі технологічні властивості, легко перекачуються і мають хорошу легкоукладальність.

Література:

1. Сиротюк В.В. Опыт и перспективы использования золошлаковых материалов в транспортном строительстве / В.В. Сиротюк // Расширение региональной сырьевой базы вовлечением в оборот золошлаковых материалов ТЭЦ ОАО «ТГК-11». С. 37-52.
2. Сокол Э.В. Природа, химический и фазовый состав энергетических зол Челябинских углей / Э.В. Сокол, Н.В. Максимова. Новосибирск, 2001. 110 с.
3. Борбат В.Ф. Золошлаковые отходы углей -перспективное сырье для различных отраслей промышленности / В.Ф. Борбат, Л.Н. Адеева, П.Е. Колосов, Ю.Л. Михайлов



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний
Інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-фізичний факультет
Кафедра фізики металів

ЗБІРКА ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

Десятої міжнародної конференції студентів, аспірантів
та молодих вчених

**ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ НОВІТНІХ
ФІЗИКО-МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ТА КОМП'ЮТЕРНОГО КОНСТРУЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ**



20 – 21 квітня 2017 року

Київ, Україна

**ВПЛИВ ЕНЕРГІЇ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА СТРУКТУРУ І
ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Тышко О.Ю.

**INFLUENCE OF ENERGY OF ULTRASONIC VIBRATIONS ON STRUCTURE
AND PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS**

Tyshko O.Y.

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, теплоенергетичний факультет, кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики; htcone312@gmail.com

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ) на основі політетрафторетилену (ПТФЕ) широко застосовуються для виготовлення різних деталей вузлів тертя виробів машинобудування. Збільшення титомих навантажень і швидкостей руху елементів машин робить вельми актуальною задачу підвищення механічних та триботехнічних властивостей ПКМ, в тому числі ПКМ на основі ПТФЕ, що застосовуються для змащуваних і незмащуваних вузлів тертя.

Polymer composite materials (PCM based on polytetrafluoroethylene (PTFE) is widely used for the manufacture of friction components of various engineering products. Increasing the specific load and speed of the machine elements makes it very urgent task of improving the mechanical properties and tribotechnical, including PCM based PTFE used for oiled and not oiled friction.

Методика дослідження впливу енергії ультразвукових коливань на структуру і властивості ПКМ передбачає застосування ультразвукового генератора УЗГ 2-4 М, працюючого в частотному діапазоні від 17,5 до 23 КГц. Для пресування композиційної суміші її засипають в прес-форму, закріплену на шаровій опорі. Склад композиції: приховано-кристалічний графіт (ПКГ) у вигляді ультрадисперсного порошку в кількості 3,0 - 12,0 %. Порошок дисульфиду молібдену MoS_2 в кількості 2% та інше політетрафторетилен.

Ультразвук включали одночасно з досяганням пуансона поверхні порошку, забезпечуючи передачу ультразвукових коливань прес-формі і всій масі пресованого порошка. У цих умовах частинки композиційної суміші здійснюють височастотні коливання руху, при цьому відбувається переміщення і щільна упаковка частинок.

Зусилля пресування становило 46,5 МПа, амплітуда коливань пуансона - 15 мкм. Після ультразвукового пресування зразки піддавали термообробці (спікання) при температурі 360 ° С. Механічні властивості зразків при розтягуванні визначали на розривній машині Р-0,5 зі швидкістю деформації 20 мм / хв. Методика дослідження триботехнічних властивостей ПКМ передбачала дослідження швидкості зношування і коефіцієнта тертя. Випробування проводили на спеціальному стенді МДС-2 за схемою тертя «палець-диск» [1] при швидкості ковзання $V = 0,75$ м / с, контактному тиску $P = 2$ МПа без змащення. Одночасно досліджували зразки, виготовлені з чистого ПТФЕ. Дослідження фазового складу і параметрів надмолекулярної структури проводили за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-3М.

Попередні дослідження показали, що накладення ультразвукових коливань при пресуванні чистого ПТФЕ призводить до значного збільшення (до 30%) модуля пружності. Так само, як при введенні 3% приховано-кристалічного графіту, але без накладання ультразвукових коливань. Названі результати показали, що модифікуючий вплив ультразвукових коливань і введення ультрадисперсних активних частинок ПКГ в кількості 3% надають однаковий вплив на зміну механічних властивостей ПТФЕ. Це дозволяє припустити відповідний вплив енергії УЗК на надмолекулярну структуру ПТФЕ.

Дослідження впливу енергії УЗК на механічні властивості ПКМ виконували на зразках з вмістом ультрадисперсного ПКГ від 3 до 12% з метою отримання концентраційних залежностей механічних і триботехнічних властивостей. Отримані концентраційні залежності границь міцності σ_b для зразків, виготовлених за звичайною технологією і технології з накладенням енергії УЗК, мають однаковий екстремальний характер з екстремумів при концентрації 6%. При цій же концентрації отримано і найбільший зріст межі міцності - 10% (рис. 1).

Відносне подовження при розриві, характеризує пластичні властивості матеріала, при накладанні ультразвукових коливань знижуються, при цьому характер кривих аналогічний кривим для границі міцності з екстремумом при концентрації ПКГ 6%. Найбільше зменшення відносного подовження - 8,5% - також отримано при цій концентрації.

Енергетичний вплив ультразвуку в процесі пресування викликає також підвищення модуля пружності на 10-20% в залежності від концентрації наповнювача. Максимальне значення модуля пружності для обох технологій отримано при концентрації ПКГ 6%. Аналіз отриманих концентраційних залежностей механічних властивостей ПКМ показують, що при накладанні ультразвукових коливань в процесі пресування заготовок границя міцності і модуль пружності зростають, а відносне подовження знижується. Іншою загальною закономірністю є чітко виражене положення екстремуму при концентрації наповнювача ПКГ 6% для обох видів технологій. Отже, цю концентрацію ПКГ можна вважати критичною для досліджуемого ПКМ. Дослідження характеристик триботехнічних властивостей ПКМ показало, що вони значно підвищуються при впливі енергії ультразвукових коливань. Швидкість зношування знижується на 27%, а коефіцієнт тертя на 8%.

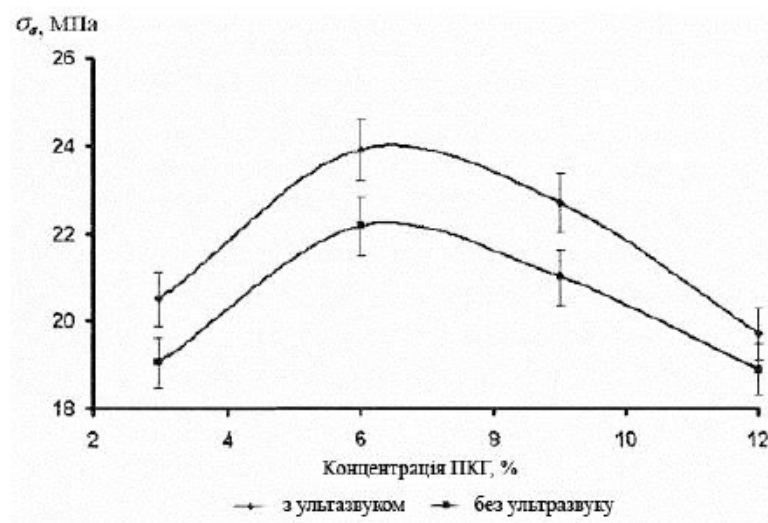


Рис. 1 – Концентраційні залежності границь міцності

Значне підвищення зносостійкості свідчить про зміну структури композиційного матеріалу, що призводить до підвищення механічних і триботехнічних властивостей. Вплив енергії ультразвукових коливань на пресовану заготовку з ПТФЕ або ПКМ на його основі викликає значне підвищення механічних і триботехнічних властивостей матеріалу. Ступінь впливу залежить від концентрації наповнювача, а концентраційні

залежності механічних властивостей мають екстремальний характер з максимум значень відповідних параметрів при концентрації ПКГ 6%. Позитивний вплив ультразвукових коливань на механічні властивості ПКМ працює в усьому діапазоні пружних і пластичних деформацій, при цьому границя міцності підвищується до 10%, модуль пружності - до 27%, відносне подовження знижується на 8,5%. Поряд з підвищенням характеристик механічних властивостей при впливі енергії ультразвукових коливань поліпшуються і характеристики триботехнічних властивостей ПКМ при терті по сталі: встановлено зниження швидкості зношування на 27% і коефіцієнта тертя на 8%. Встановлено, що підвищення механічних і триботехнічних властивостей ПКМ на основі ПТФЕ пов'язано зі зміною параметрів надмолекулярної структури полімерної матриці: ступінь кристалічності збільшується на 8%, розмір блоків в структурі кристалічній - на 110%. Розкрито особливість механізму процесу структуроутворення ПКМ на основі ПТФЕ при ультразвуковому пресуванні композиційної суміші, яка полягає в тому, що вплив енергії УЗК сприяє посиленню адгезійної взаємодії частинок компонентів, інтенсивності росту кристалітів і збільшення ступеня кристалічності полімерної матриці.

Література:

1. Машков Ю.К., Полещенко К.Н., Поворзнок С.Н., Орлов П.В. Трение и модифицирование материалов трибосистем. М.: Наука, 2000. 158 с.
2. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Суриков В. И., Калистратова Л.Ф. Модификация структуры и свойств композиционных материалов на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация. М.: Машиностроение, 2005. 168 с.
3. Машков Ю.К., Байбарацкая М.Ю., Калистратова Л.Ф. Повышение эксплуатационных свойств композитов на основе ПТФЭ оптимизацией состава и технологии. 4. 2. Влияние технологических режимов на механические и триботехнические свойства композитов // Трение и износ. 2002. Т. 23. № 5. С. 537-542.
4. Машков Ю.К., Негров Д.А., Овчар З.Н., Зябликов В.С. Улучшение механических и триботехнических свойств полимерных композиционных материалов с использованием энергии ультразвуковых колебаний // Трение и износ. 2006. Т. 27. № 3. С. 313-318.

**Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції
студентів та молодих вчених
«Нові виклики. Нові досягнення»**

м. Краматорськ
15 вересня 2017 року

**Материалы X международной научно-практической конференции
студентов и молодых учёных
«Новые вызовы. Новые достижения»**

г. Краматорск
15 сентября 2017 года

**Proceedings of X International scientific conference
of students and young scientists
“New challenges. New achievements”**

Kramatorsk
Sep 15th, 2017

**JUSTIFICATION OF THE TYPE OF BIOFUEL USED IN COMBUSTION IN
A DUST-COAL BOILER UNIT OF 200 MWt**

Tyshko Oleksandr

Student

Department of nuclear power plants and thermal physics engineering

Heat-and-Power Engineering Faculty

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Kyiv, Ukraine

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИДУ БІОПАЛИВА ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ
ПРИ СУМІСНОМУ СПАЛЮВАННІ В ПИЛІВУТІЛЬНОМУ КОТЛІ БЛОКУ
200 МВт**

Тишко Олександр Юрійович

Студент

кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

теплоенергетичний факультет

Київського Політехнічного Інституту імені Ігоря Сікорського

м. Київ, Україна

Today, the urgency of using solid biofuels boilers is extremely high, despite their cost and more complex operation compared to boilers operating on gas. Solid biofuels boilers allow the use of a local type of renewable fuels — solid biomass, which is definitely a cheaper and more stable type of renewable fuels.

There are large amounts of unprocessed sludge generated by chemical treatment of acidic waste water power plants, which can be used to produce low-cost building materials.

Keywords: exploitation, combustion, biofuel.

В Україні значна кількість твердої біомаси утворюється при виробництві та переробці продукції рослинництва: солома зернових, лушпиння, качани кукурудзи, відходи деревообробної промисловості та виробництва паперу. До твердого біопалива також можна віднести рослинний матеріал, який спеціально вирощується в енергетичних цілях, наприклад, плантації міскантусу або енергетичної верби. Український сектор біоенергетики розвивається вкрай повільно. Згідно з енергетичним балансом 2011 року частка енергії, виробленої з біомаси, становила 1,24% за прогнозами 2015 року — 1,5%.

Гостра тенденція дорожчання традиційних видів палива стимулює використання твердопаливних котлів на біомасі не тільки у приватному секторі, а і в комунальному теплопостачаючому господарстві. Вибір виду та форми твердої біомаси залежить від її вартості та доступності в регіоні, а також від технічно доступних рішень та обладнання для її спалювання.

У цій магістерській дисертації розглянуто технологія промислового вироблення теплової енергії з твердого біопалива на прикладі сучасного теплогенеруючого обладнання та допоміжного устаткування. В рамках дисертації проведений аналіз можливого використання основних видів біопалива, яку можна буде викоростовувати в якості біопалива для промислового виробництва теплової енергії, та виробників відповідного котельного устаткування.

Більшість областей України здатні вмістити в себе територію радіусом до 100 км. З огляду на це, інформація щодо потенціалу використання ресурсів біомаси наведена в наступній таблиці (табл. 1.1) в розрізі областей. Оцінюючи наявність паливних ресурсів в процесі розробки проекту виробництва енергії з ресурсів біомаси в певному районі, дуже завбачливим кроком буде виходити з такого обсягу наявних ресурсів, який принаймні у 3-4 рази перевищує фактичну потребу, та зосереджений в радіусі 100 км. Такий підхід послужить гарантією наявності достатнього запасу палива для роботи установки. Іншими словами, навіть якщо потенціал для енергетичного використання біомаси на перший погляд здається високим, про економічну доцільність і життєздатність проекту використання енергії біомаси можна говорити лише в тому випадку, якщо наявні запаси біомаси в районі його реалізації в 3-4 рази перевищують рівень розрахункової потреби.

Аналіз твердого біопалива з відновлювальних джерел енергії показав, що вартість енергії, одержаної від його використання порівняно з традиційними джерелами енергії є дешевшим.

Кількість теплової енергії, одержаної під час спалювання 1 тони соломи, еквівалентна кількості теплової енергії, отриманої від спалювання 366 м³ природного газу, або 316 кг дизельного палива. Для забезпечення ефективного спалювання соломи її вологість має бути 15%. Теплотворна здатність соломи злакових культур з вказаною вологістю становить 13,6-15,6 МДж/кг. В умовах підвищення ціни на газ переконливо виглядає середня ціна соломи в тюках — 150-200 грн. за 1 т. Це значно менше порівняно з ціною традиційних джерел енергії.

Таблиця 1. Показники найбільш вигідного використання типу біомаси

	Тип біомаси			
	Солома зернових культур	Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	Деревна біомаса (дрова, парубкові залишки, віходи деревооброби)	Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)
Річний запас біомаси в Україні*, млн.т/рік	30,6	40,2	4,2	6,9
Реальна кількість, 50% від загальної, млн.т/рік	15,3	20,1	2,1	3,45
Q_n^p , кДж/м3	18, 800	15, 500	14, 600	16, 400
W^p , %	10	12	10	7

Таблиця 2. Можлива робоча кількість блоків

Часова витрата, т/ч	12,6	15,3	16,2	14,5
Необхідна кількість палива в рік, т/рік	756	918	972	870
Можлива робоча кількість блоків, N	20	22	2	4

Для подальшого розрахунку будемо розглядати Київську область як потенційно біоенергетичний район.

Таблиця 3. Потенціал сільськогосподарської біомаси в Київській області

Біомаса зерно- бобових культур, тис. МВт*ч/рік	Біомаса соняшника, тис. МВт*ч/рік	Рослинні відходи кукурудзи, тис. МВт*ч/рік	Рослинні відходи овочей відкритого та закритого типу, тис. МВт*ч/рік
1140	88	1530	910

Виходячи з даних таблиць, 1-5 видно що найбільш потенціально вигідним для спалювання біомаси є — кукурудза.

Таблиця 4. Хімічний склад кукурудзи та паливна характеристика

Показники	Відходи кукурудзи (стебла)
Вологість, %	45-60 (після збору) 15-18 (висушені на повітрі)
Нижча теплота спалювання, МДж/кг	5-8 (W 45-60%) 15-17 (W 15-18%)
Склад виходу летких, %	67-78
Зольність, %	6,7-6,9
Елементарний склад, %	
вуглець	45,5
водень	5,5
кисень	41,5
калій	обмолочені качани: 6,1 мг/кг (на суху масу)
азот	0,3-0,69
сірка	0,04
хлор	0,2-0,9 мг/кг
Температура плавлення золи, °C	1050-1200

За обсягами утворення біомаси кукурудза — найпродуктивніша культура серед зернових. Поки що в Україні тільки її частина — зерно — реалізується як товарна продукція. Проте паливні характеристики побічної продукції кукурудзи та властивості її золи, технології та обладнання для заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно роблять її цілком можливим та вигідним ресурсом для виробництва енергії. Тому, для подальшого розрахунку біопалива обираємо — кукурудзу.

Література:

1. Аналіз стану котельного господарства України з метою модернізації, продовження ресурсу чи заміни котлів малої і середньої потужності. / І.Я. Сігал, Е.П. Домбровська, А.В. Смухіна та ін. // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. – №6. – С.76–79.
2. Використання технологій циркулюючого киплячого шару для спалювання відходів вуглезбагачення / Ю.П. Корчевой, М.А. Борисов, О.Ю. Майстренко, М.В. Чернявський, А. Еспель, Ж. Наке // Энергетика и электрификация. – 2002. – № 1. – С.8–11.
3. Жовтюк Г.В., Золотко А.А., Коткин А.М. Прогрессивная техника и технология углеобогащения. – Киев: Техніка, 1988. – 128 с.

м. Краматорськ
12 серпня 2017 року

**Материалы VIII международной научно-практической конференции
студентов и молодых учёных
«Проблемы исследований молодых ученых»**

г. Краматорск
12 августа 2017 года

**Proceedings of VIII International scientific conference
of students and young scientists
“Problems of research of young scientists”**

Kramatorsk
Aug 12th, 2017

**EXPERIENCE OF APPLICATION OF MODERN SYSTEMS IN NON-
CONDUCTIVE CONTROL PIPE SURFACE OF HEATING OF ENERGY
BOILERS**

Tyshko Oleksandr

Student

*Department of nuclear power plants and thermal physics engineering
Heat-and-Power Engineering Faculty
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Kyiv, Ukraine*

**ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ В НЕРУЙНІВНОМУ
КОНТРОЛІ ТРУБ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОТЛІВ**

Тишко Олександр

Студент

*кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики
теплоенергетичний факультет
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
м. Київ, Україна*

Due to the natural aging of equipment and the practical exhaustion of the resource characteristics of boiler metal, the problem of reducing the accident rate of thermal units due to the bursting of metal pipe heating surfaces is acutely acute.

Keywords: operation, energy boilers, pipe surface, control.

У зв'язку з природним старінням обладнання і практичним вичерпанням ресурсних характеристик металу котлів гостро стоїть проблема зниження аварійності теплових агрегатів через розриву металу трубних поверхонь нагріву.

Ключові слова: контроль, труба, ТЕС, поверхня, котлоагрегат.

Підвищення надійності функціонування котлотурбінного обладнання ТЕЦ і АЕС вимагає розробки і впровадження оперативних діагностичних систем, що дозволяють виробляти експрес оцінку поточного стану металу, визначати його залишковий ресурс з урахуванням умов і термінів експлуатації.

Поряд з традиційними (рентгенівськими та ультразвуковими) методами, використовуваними для контролю якості стиків зварних з'єднань і визначення товщини стін труб і резервуарів, в даний час, починає застосовуватися високопродуктивний метод контролю, заснований на реєстрації низькочастотних електромагнітних полів. Аналіз аварійності блокових котельних агрегатів в результаті пошкодження трубних поверхонь на електростанціях ВАТ «Донбасенерго» за 2001 рік (в експлуатації знаходилося 28 енергоблоків на 5 електростанціях) показав, що число аварійних зупинок через пошкодження металу і зварних з'єднань труб поверхонь нагріву склало 121 з агрегатів різної потужності (200 МВт — 83 аварії, 300 МВт — 13 і 800 МВт — 25).

У зв'язку з цим піднімається питання про підбір системи неруйнівного контролю трубних поверхонь підвищеної продуктивності, що дозволяє виробляти не тільки локальну оцінку стану металу труб нагріву, але і суцільну.

З наявних на ринку пропозицій такої апаратури були розглянуті комплекси неруйнівного контролю фірми «Политест» (Росія) і «TesTex» (США). Апаратура фірми «Политест» дозволяє здійснювати оцінку стану внутрішніх поверхонь трубних систем ендоскопічним методом. Ця апаратура широко застосовується для контролю трубних систем теплообмінних апаратів російських АЕС. На Україні вона застосована Концерном «Стирол». Експлуатаційна оцінка можливості системи, за відгуками фахівців, досить висока. Але з урахуванням конструктивних особливостей енергетичних котлів та підвищення продуктивності було прийнято рішення про придбання системи неруйнівного контролю TS-2000 фірми «TesTex».

Особливістю даної системи є можливість сканування трубних систем із зовнішньої твірної кожної труби без ретельної підготовки поверхні. При цьому швидкість сканування складає 3-5 м/хв з можливістю оцінки стану внутрішньої поверхні труби на глибину до 19 мм по колу до 1800. Система складається з сканера (профільованого під необхідний діаметр труби), електронного блоку, що організує роботу системи і комп'ютера, що організує збір, уявлення, обробку, зберігання і тиражування інформації на магнітних і паперових носіях.

В процесі освоєння роботи з програмним забезпеченням і лабораторних робіт з використанням контрольних зразків уточнювалася оптимальна швидкість переміщення датчика, методика роботи з датчиком для контролю гнутих ділянок труб.

Для уточнення методики виявлення дефектів різного характеру і розмірів виготовлені контрольні зразки з свердліннями діаметрами 2, 3, 4 мм, глибиною 30%, 50%, 70% від товщини стінки труб.

Досить цікаві результати були отримані за допомогою системи TS-2000 при розробці методики контролю стану металу труб вихідної ступені вторинного пароперегрівача блока №11 Старобешівської ТЕС. Вихідна щабель вторинного пароперегрівача котлоагрегатів ТП-100 Старобешівської ТЕС виготовлена з труб 38х3,5 мм, сталь 12Х18Н12Т. В процесі експлуатації аустенітні сталі зазнають структурні зміни, які впливають на надійність. Через тривалий вплив високих температур може відбуватися подрібнення зерна. Згідно ТУ 14-3-460-75 регламентуюча величина зерна повинна бути в межах 3-7 балів. Вплив часу і температури (600-700°C) сприяє виділенню по межах зерен карбідів типу Cr₂₃C₆ або Me₇C₃. В результаті прикордонні зони збіднюється хромом. Поряд з виділенням карбідів відбувається утворення інтерметалевих з'єднань — σ -фази (рис. 1).

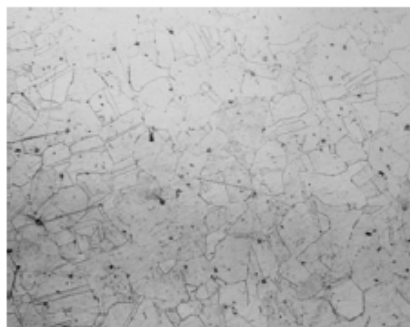


Рисунок 1. Структура в початковому стані: величина зерна — 3-5 бал

Результатом такої дестабілізації структури може бути МКК, як на внутрішній поверхні на глибину 2-4 зерен, так і на зовнішній поверхні або крихке механічне пошкодження деградованої сталі. Досліди проводилися на трубах вихідний ступені вторинного пароперегрівача блока №11 Старобешівської ТЕС, який відпрацював близько 240 тис. годин. Для налагодження режимів роботи системи TS-2000 підготовлені зразки труб зі структурою в початковому стані, і після напруження 240 тис. годин (рис. 2).

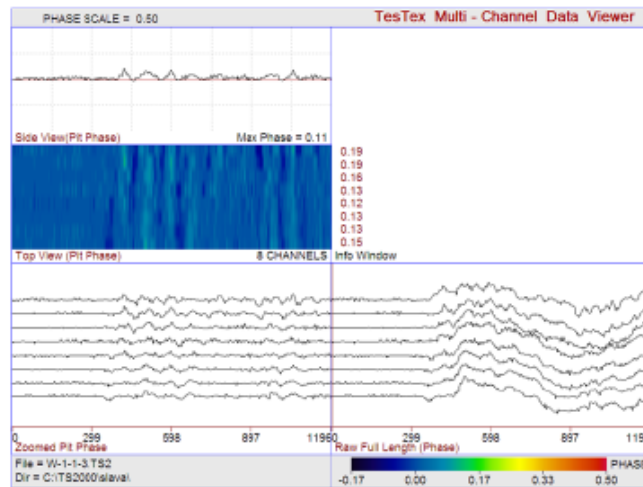


Рисунок 2. Вид сигналів на екрані TS2000

У процесі проведеної роботи підтверджена можливість використання системи TS-2000 для визначення дефектів поверхонь нагріву котлових агрегатів. Як показав досвід практичної роботи, з метою виключення можливих помилок в оцінці якості труб необхідна попередня очистка поверхні труб від великих часток шлаку, які викликають різкий відрив датчика від поверхні труби, і веде до появи хибних сигналів.

Література:

1. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС / Под ред. А.И. Андрющенко. – М., 1991. – 303 с.
2. Сапрыкин Г.С. Надежность оборудования тепловых электростанций. – Саратов, 1972. – 121 с.

**Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції
студентів та молодих вчених
«Результати досліджень молодих науковців»**

м. Краматорськ
13 травня 2017 року

**Материалы VI международной научно-практической конференции
студентов и молодых учёных
«Результаты исследований молодых ученых»**

г. Краматорск
13 мая 2017 года

**Proceedings of VI International scientific conference
of students and young scientists
“Results of research of young scientists”**

Kramatorsk
May 13th, 2017

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПОЧАТКОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Тишко Олександр

Студент

*кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики
теплоенергетичний факультет*

*Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
м.Київ, Україна*

EFFICIENCY OF HEAT PUMP DEPENDING ON INITIAL TEMPERATURE

Tyshko Oleksandr

Student

*Department of nuclear power plants and thermal physics engineering
Heat-and-Power Engineering Faculty*

*Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Kyiv, Ukraine*

Застосування теплових насосів в якості альтернативної енергетики є принципово новим рішенням проблеми теплопостачання і дозволяє залежно від сезону і умов роботи досягати максимальної ефективності, так як вони можуть бути вбудовані і в існуючі системи опалення та гарячого водопостачання, а також одночасно може служити джерелом для системи кондиціонування.

Ключові слова: енергозбереження, тепловий насос, коефіцієнт трансформації, температура випаровування, температура конденсації.

The use of heat pumps as an alternative energy is a fundamentally new solution to the heat and allow depending on the season and work environment to achieve maximum efficiency, so they can be integrated in existing heating and hot water, and at the same time can be a source for air conditioning systems.

Keywords: energy saving, heat pump, transformation ratio, temperature evaporation, condensation temperature.

Метою дослідження було визначення ефективності роботи теплового насоса в залежності від стартової температури низькопотенційного джерела енергії. Дослідження проводилися на експериментальній установці (рис.1) при різних температурах низькопотенційного джерела енергії. Дана установка дозволяє здійснювати багаторазову трансформацію тепла, шляхом перемикання відповідних клапанів, змінюючи тим самим місцями конденсатор і випарник.

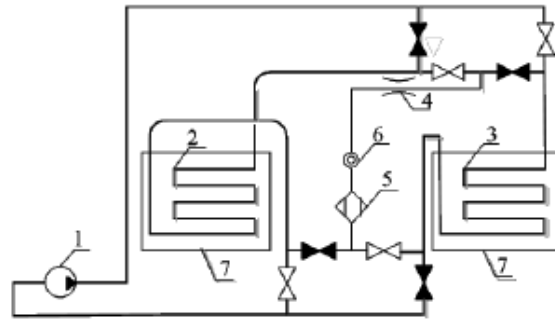


Рис.1 – Принципова схема роботи теплового насоса: 1 – компресор; 2 – випарник; 3 – конденсатор; 4 – дросель; 5 – фільтр-осушувач; 6 – індикатор вологості; 6 – ємності для води

В процесі проведення експериментів здійснювався контроль температур у випарнику і конденсаторі до моменту стабілізації температури води, що нагрівається. Досліди проводилися при різних стартових температурах в випарнику: 8 °С, 24 °С і 40 °С. При цьому в конденсаторі початкова температура води мала свої початкові параметри відповідно 9 °С, 17,5 °С і 10,5 °С. На основі отриманих даних було побудовано графік залежності температури води в конденсаторі від стартової температури в випарнику (рис. 2).

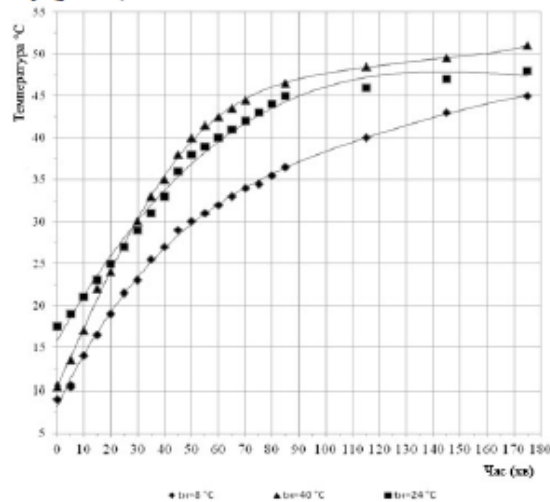


Рис. 2 – Залежність температури води (t_k), в конденсаторі від температури низькопотенційного джерела (t_d)

В результаті аналізу отриманих даних було встановлено, що при початковій температурі води в випарнику 40 °С спостерігається більш інтенсивний нагрів води в конденсаторі в інтервалі часу 80 хвилин. Це може бути пояснено більш високим

коефіцієнтом трансформації тепла. Далі інтенсивність підвищення температури знижується, так як температура в випарнику знижується і відповідно знижується коефіцієнт трансформації.

Економічна ефективність застосування теплонасосних систем теплопостачання визначається вибором джерела теплоти і режимними характеристиками системи. Дотримуючись, законам термодинаміки коефіцієнт перетворення теплоти розраховуємо за формулою:

$$COP = 0,5 \frac{t_k}{t_k - t_n},$$

де t_k – висока температура, (температура конденсації - температура в системі опалення), К;

t_n – низька температура (температура випару джерела низькопотенційного тепла), К.

Так як температура в випарнику в процесі роботи теплового насоса знижується і є величиною не постійною, то для розрахунку коефіцієнта перетворення за розрахункову температуру низько потенційного джерела беремо стабілізовану температуру, відповідну, в певний момент часу, певній температурі в конденсаторі. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.

Початкова температура у випарнику t_n , °C	Розрахункова температура у випарнику t_n , °C	Розрахункова температура в конденсаторі t_k , °C	КОП (COP)
7	8	44	4,22
26	12	48	4,32
42	18	52	4,44

Табл. 1 - Порівняння роботи теплового насоса в залежності від стартової температури низькопотенційного джерела енергії

З отриманих величин видно, що коефіцієнти перетворення мало відрізняються за величиною, це пояснюється тим, що запас низькопотенціальної теплоти зменшується в процесі роботи теплового насоса. При високій початковій температурі води в випарнику спостерігається більш інтенсивний нагрів води в конденсаторі. При змінному низькопотенційного джерелі теплоти коефіцієнт перетворення розраховується по стабілізованую температур і має невеликі значення, перебуваючи в довірчому інтервалі.

Література

1. Тоимбаев А. Б., Ермоленко М. В., Степанова О. А. Эффективность работы теплового насоса при различных режимах // Молодой ученый. — 2014. — №6. — С. 264-266.